JAHRGANG LIV. 1904. HEFT VII BIS IX.

Das neue Dienstgebäude der Königlichen Seehandlungssozietät in Berlin.

Vom Geheimen Ober-Baurat Kieschke.

(Mit Abbildungen auf Blatt 36 bis 41 im Atlas.)

Der große wirtschaftliche Aufschwung der letzten Jahrzehnte, durch den der gesamte Geld- und Bankverkehr eine gewaltige Steigerung erfuhr, hatte auch für die Seehandlung eine bedeutende Vermehrung aller Geschäfte zur Folge, so daß es nicht mehr möglich war, mit den bescheidenen Räumen des alten Hauses am Gendarmenmarkt auszukommen. Alle Versuche, das alte, architektonisch bedeutsame Bauwerk durch einen Umbau und einen Erweiterungsbau, unter Hinzunahme des inzwischen von der Seehandlung angekauften Nachbargrundstückes der Jägerstraße 22 passend zu machen und zu vergrößern, erwiesen sich als unzulänglich. Die Finanzverwaltung entschloß sich daher, das alte Gebäude abzureißen und an seiner Stelle, auf dem für eine Bank hervorragend gut gelegenen, überaus wertvollen Platze einen Neubau zu errichten, der allen Anforderungen an ein modernes Bankgebäude gerecht werden und zugleich — in Erwartung einer weiteren Steigerung des Geschäftsverkehrs — erheblich größere Räume vorsehen sollte. — Über die Baugeschichte des alten Gebäudes und über die Begründung und geschichtliche Entwicklung der Seehandlungssozietät ist im Jahrgang 1902 S. 355 u. f. der Zeitschrift für Bauwesen bereits eine erschöpfende Darstellung gegeben worden.

Abb. 1. Haupteingang an der Markgrafenstraße.

Über den Geschäftsverkehr, wie er sich heute in der Seehandlung abspielt, mag folgendes bemerkt werden. Die Königliche Seehandlungssozietät besorgt in erster Linie die Geldgeschäfte des Preußischen Staates, d. h. sie sorgt für zinsbare Belegung zeitweilig verfügbarer Gelder und vermittelt die Unterbringung preußischer Staatsanleihen, übernimmt die finanzielle Mitwirkung bei Begründung von Rentengütern und anderes mehr. In zweiter Linie besorgt sie auch alle Geldgeschäfte für das große Publikum, bestehend im An- und Verkauf von Wertpapieren, ausländischen Noten und Geldsorten, Ankauf und Ausstellung von Schecken und Wechseln, Verzinsung von Gelddepositen aller Art, Aufbewahrung und Verwaltung von Wertpapieren usw. in offenen Depots und die Aufbewahrung von verschlossenen Depots in vermieteten eisernen Schrankfächern, Aufbewahrung und Verwaltung von Mündelgeldern, Ausstellung von Kreditbriefen, Lombarddarlehen usw. Für alle diese von der Seehandlung übernommenen Geschäfte und die daraus hervorgehenden Verpflichtungen leistet der Preußische Staat nach den gesetzlichen Bestimmungen Gewähr. Die Erledigung der Geschäfte erfolgt unter Leitung der Generaldirektion durch die Hauptbuchhalterei und die Hauptkasse. Der ersteren liegt neben der

eigentlichen Buchhaltung auch der schriftliche Verkehr ob, letztere besorgt die gesamten Kassengeschäfte, vermittelt den Verkehr mit dem Publikum und hat die Verwahrung und Verwaltung der hinterlegten Wertgegenstände in offenen und verschlossenen Depots unter sich.

Für die Bedürfnisse dieses Verkehrs, der von Jahr zu Jahr an Ausdehnung zunimmt, war durch den Neubau in geeigneter Weise Sorge zu tragen. Diese Aufgabe ist in folgender Weise gelöst. Da das Nachbargrundstück Jägerstraße 22 von der Seehandlung angekauft war, konnten die beiden Grundstücke für die Bebauung zusammengelegt werden. So war es möglich, das Eckgrundstück in vorteilhaftester Weise auszunutzen. Die Gesamtfläche beträgt 1847 qm, von denen einschließlich des 305 qm großen Kassenhofes 1563,7 qm bebaut sind; die 269 qm große unbebaute Fläche ist mit der des Nachbargrundstückes zu einem Gartenhofe zusammengefaßt worden.

Der Neubau hat zwei Eingänge erhalten. Der in der Markgrafenstraße belegene (Text-Abb. 1 u. Bl. 39) ist für den Geschäftsverkehr bestimmt, der in der Jägerstraße, zugleich Durchfahrt nach dem Garten, bildet den Zugang für die Beamten und zu den Dienstwohnungen. Der Gebäudeflügel an der Jägerstraße ist ist unterkellert (vgl. Abb. 1 u. 3 Bl. 40). Hier sind die Räume für die Zentralheizung und die Keller für Dienst- und Wirtschaftszwecke untergebracht. Ihre Höhe ist mit 2,40 m von Oberkante Fußboden des Kellergeschosses bis Oberkante Fußboden des Sockelgeschosses bemessen. Für den Heizraum konnte durch Höherlegung des Fußbodens im Treppenhause dieses Maß auf 3,35 m erhöht werden. Das 3,50 m hohe Sockelgeschoß (Abb. 4 Bl. 38) enthält in dem Flügel an der Jägerstraße drei Wohnungen für Unterbeamte. Ferner ist hier der größte Teil der Tresore mit 447 qm nutzbarer Grundfläche untergebracht. Die nördliche Hälfte ist für den Gebrauch des Publikums zur Unterbringung von Wertsachen in Schrankfächern und besonders abgeschlossenen Räumen eingerichtet. Der Zugang zu diesen Räumen erfolgt von dem an der Markgrafenstraße gelegenen Eingangsflur, der von dem anstoßenden Pförtnerzimmer aus ständig überwacht wird. Von hier aus gelangt man zu dem mit Schreibtischen und Einzelzellen ausgestatteten Geschäftsraume für das Publikum, dem sich zwei Arbeitsräume für Kassenbeamte, die mit dem Kassenraum im Erdgeschoß durch eine kleine eiserne Treppe unmittelbar verbunden sind, anschließen. Die südliche Hälfte des Tresors ist ausschließlich den für die Verwaltung der dort aufbewahrten Depots und Effekten bestimmten Beamten zugänglich und durch eine Treppe mit dem Tagestresor im Erdgeschoß und der Kasse in Verbindung gebracht.



Abb. 2. Kassenhof.

Die saalartigen Räume des 5,20 m hohen Erdgeschosses gruppieren sich um den 10,40 m breiten und 29 m langen, durch Oberlicht beleuchteten Kassenhof (Abb. 5 Bl. 38), der für das Publikum vom Eingangsflur in der Markgrafenstraße durch einen Vorraum, in dem auch die Haupttreppe zum ersten Stockwerk liegt, zugänglich ist. Der Verkehr zwischen Publikum und Beamten vollzieht sich an zwölf Schalteröffnungen, die durch breite Zahltische gegen den Kassenhof abgeschlossen sind. Vier Türen in den Ecken dienen dem Verkehr der Beamten. Auf der südlichen Ecke neben dem Platze des Vorstehers der Kasse liegt der Zugang zu dem unteren Tresor und dem im Erdgeschoß befindlichen Tagestresor, der zur zeitweiligen Unterbringung der gerade im Verkehr befindlichen Effekten dient. Die Bogenstellungen der Nordseite des Hofes sind durch Glaswände geschlossen, da die hier liegenden Räume der Kanzlei, Buchhalterei und des Revisors unmittelbaren Verkehr mit dem Publikum nicht haben. Die Beamten erreichen von der Jägerstraße her auf einer besonderen Treppe die über der Durchfahrt in halber Stockwerkshöhe liegende Kleiderablage, und von dieser über eine Verbindungstreppe ihre Arbeitsplätze im Erdgeschoß und ersten Stockwerk.

Im 4,70 m hohen ersten Stockwerk (Abb. 2 Bl. 38) mündet die oben erwähnte Hauptdiensttreppe in einem durch hohes Seitenlicht erhellten Vorraum. An einem von hier ausgehenden Flur liegen an der Markgrafenstraße die Räume für die Generaldirektion, ein 66 qm großer Sitzungssaal, die Arbeitszimmer für den Präsidenten und zwei Mitglieder und das Präsidialbureau. Nach der Jägerstraße schließen sich ausgedehnte Räume für die Buchhalterei mit Zimmern für einen Seehandlungsrat und einen Assessor an. Zwischen Hof und Kassenhof liegt die zweiseitig beleuchtete Registratur und Bücherei mit 113 qm Repositorienfläche. Sprechzimmer, Dienerzimmer und Abort sind an geeigneten Stellen zwischen diesen Abteilungen untergebracht.

Das zweite Stockwerk (Abb. 3 Bl. 38) wird von den Dienstwohnungen für den Präsidenten und den Rendanten eingenommen. Die Höhe beträgt in den an den Straßenfronten liegenden Räumen 4,50 m, an den Hoffronten 4 m. Die Haupttreppe zur Wohnung des Präsidenten und die Wirtschaftstreppe sind von der Durchfahrt in der Jägerstraße her zugänglich. Da die Wohnung rund 13 m über der Straße liegt, wurde die Anlage eines Personenaufzuges notwendig, der zwischen die Läufe der Haupttreppe eingebaut ist. Vom Treppenhause aus betritt man einen

geräumigen Vorflur, der das Verbindungsglied zwischen den drei Hauptteilen der Wohnung, den am Hofe gelegenen Schlafzimmern, den Wirtschaftsräumen an der Jägerstraße und den Wohn- und Gesellschaftsräumen bildet. Als besondere Verbindung von den Schlafzimmern zu den Wirtschaftsräumen dient ein in Eisen konstruierter, verglaster Verbindungsgang in der Ecke des Hofes. Wohn- und Gesellschaftsräume gruppieren sich um eine nach dem Kassenhofe gelegene behaglich ausgebildete Diele, die durch eine kleine ausschließlich für den Wohnungsinhaber bestimmte Treppe mit den Diensträumen des ersten Stockwerkes in Verbindung steht. Von dieser Diele aus sind das Speisezimmer, die Zimmer des Herrn und der Dame und das Empfangszimmer unmittelbar zu erreichen. Das letztere bildet den Zugang zu dem 8,68 · 11 m großen und 4,70 m im Lichten hohen Festsaal, dem sich einige kleinere Nebenräume angliedern, deren Anordnung durch die entfernte Lage des Saales von den Wirtschaftsräumen bedingt war.

Die aus sechs Zimmern mit dem erforderlichen Zubehör bestehende Rendantenwohnung ist ebenfalls im zweiten Stockwerk untergebracht und von einer besonderen auf den Hof ausmündenden Nebentreppe zu erreichen. Das Dachgeschoß ist teilweise ausgebaut. Über den Schlafzimmern der Präsidentenwohnung befinden sich, durch eine Nebentreppe mit den unteren Räumen verbunden, einige Fremdenzimmer, ferner Waschküche, Mädchen- und Plättstube. Über der Rendantenwohnung ist noch eine Wohnung für einen Kanzleidiener und eine Waschküche für die im Hause wohnenden Beamten angelegt. Im übrigen ist der Dachboden für wirtschaftliche Zwecke als Wäsch- und Trockenboden und zur Unterbringung zurückgestellter Akten ausgenutzt.



Abb. 3. Teil der Ecke am Gendarmenmarkt mit dem Merkur vom Bildhauer Stephan Walter.

Für die Gestaltung der Fassaden (vgl. Bl. 36, 37 u. Abb. 1 Bl. 38 waren zwei Gesichtspunkte maßgebend. Erstens die für den Geschäftsverkehr des Hauses und die für Wohnzwecke bestimmten Räume nach außen in klarer Weise zum Ausdruck zu bringen, und dann die äußere Erscheinung des Baues sowohl der eigenartigen Schönheit des Platzes, an dem er liegt, als auch den geschichtlichen Überlieferungen des Hauses in bezeichnender Weise anzupassen. Für letzteren Zweck erschien eine Formenbehandlung, die an die friederizianischen Bauten anknüpfte und einzelne Motive des alten Baues an passender Stelle neu zu gestalten suchte, besonders geeignet. Über dem durchschnittlich 3 m hohen Sockelgeschoß in kräftiger Rustikabehandlung sind die beiden oberen Geschosse, in denen sich die Diensträume befinden, mit durchgehenden, lisenenartigen Gliederungen zusammengefaßt. Breite, hohe Fensteröffnungen lassen das Tageslicht in reichlicher Fülle einströmen. Der Abschluß dieser beiden Stockwerke wird durch ein kräftiges Gesims, das an den Lisenen durch Konsolen unterstützt und durch Kartuschen bekrönt wird, gebildet.

Das darüber befindliche Geschoß, in dem sich die Wohnungen befinden, ist in seinen Architekturteilen zurückhaltender behandelt worden. Die Maße der Fenster sind auf diejenigen stattlicher Wohnhausbauten eingeschränkt.

Die Ecken sind durch Risalite, die mit kräftig geschwungenen Giebeln abgeschlossen sind, und durch reichere ornamentale Behandlung der Architekturteile durch alle Stockwerke besonders betont. Sie bilden zu dem ruhigen Rythmus der Rücklagen einen wirkungsvollen Gegensatz.

Charakteristischen Schmuck haben die Fassaden durch einige bedeutsame Bildwerke erhalten. Für die in Bronze aus-

zuführende Eckfigur, die in bezeichnender Weise die Tätigkeit der Seehandlung darstellen sollte, war ein engerer Wettbewerb zwischen den Berliner Bildhauern Prof. Janensch, Petri, Otto Beyer und Stephan Walter ausgeschrieben, aus welchem der letztere als Sieger hervorging. Nach seinem Modell erhebt sich nunmehr an der Ecke der Markgrafen- und Jägerstraße auf einem schiffschnabelartigen Unterbau die von Martin u. Piltzing in Berlin gegossene, vortrefflich gelungene Figur eines jugendlichen Merkurs, der mit dem Stab in der Rechten und einer Segelstange auf der linken Schulter dem Handel als Führer den Weg weist (Text-Abb. 3). Die Mittelachse der Front in der Markgrafenstraße schmücken bronzene Kartuschen mit Flachbildern König Friedrichs II. als des Begründers und Wilhelms II. als des Wiedererbauers der Seehandlung, zwischen denen eine Bronzetafel das Sinnbild der Seehandlung, ein mit geschwellten Segeln einherziehendes Schiff, zeigt. Auch hierfür hat die Modelle der Bildhauer Stephan Walter gefertigt.

Entsprechend der Stilfassung des Gebäudes wurde auf die architektonische Wirkung der Dächer besonderer Wert gelegt. Sie sind als Mansardendächer gebaut und mit Falzziegeln nach Art der Mönch- und Nonnendeckung eingedeckt, die Dachflächen werden durch reicher ausgebildete Fenster in Kupferbekleidung belebt und der langgestreckte Dachfirst an der Markgrafenstraße durch einen zierlichen Dachreiter in Kupferverkleidung, über dem ein Schiff mit gespannten Segeln als Wetterfahne sich dreht, unterbrochen. Die Dachstühle sind in Kiefernholz, in dem Flügel an der Markgrafenstraße teilweise aus Schmiedeeisen konstruiert. Die vorgehängten Dachrinnen und Abfallrohre sind in Kupfer hergestellt.

An den Hoffronten haben Bauteile, die bei dem Abbruch des alten Seehandlungsgebäudes gut erhalten blieben, wieder Verwendung gefunden, sie sind unter Benutzung von Motiven der alten Straßenfront in der Jägerstraße zusammengestellt worden; außerdem sind Gitter, Schlußsteine, Kapitelle usw. an passender Stelle eingebaut worden (Text-Abb. 5). Die durchgehenden Gesimse und einzelne Architekturteile dieser Front sind in schlesischem Sandstein ausgeführt, das übrige in hydraulischem Kalkmörtel geputzt worden.

Die Modelle der Architekturteile wurden von der Bildhauerfirma Stracke, Meuter u. Wollstädter in Berlin gefertigt. Die Werksteinarbeiten aller Fronten sind durch die Firma P. Wimmel u. Ko. in Rackwitzer und Werthauer Sandstein ausgeführt worden. Die Ausführung der Maurerarbeiten einschließlich Lieferung aller Baustoffe wurde für Grundmauern und Kellergeschoß der Firma Wendel u. Reinicke, für den übrigen Bau der Firma Wittling u. Güldner, beide in Berlin, übertragen.

Für die Fundamente kam ein Kiesbeton im Verhältnis 1 : 10 zur Verwendung. Das aufgehende Mauerwerk ist in Eberswalder Hintermauerungssteinen und Klinkern ausgeführt. Die schwächeren Trennungswände sind in den unteren Geschossen in rheinischen Schwemmsteinen, in den oberen Geschossen nach der Prüßschen Bauweise aus porösen Steinen hergestellt. Drahtputzwände haben nur in untergeordneten Räumen und im Dachgeschoß Verwendung gefunden. Die Decken über dem Keller- und Sockelgeschoß sind als preußische Kappen in porösen Steinen, über dem Erdgeschoß und einigen Räumen des ersten Stockwerks als Monierdecken mit 3,75 m Spannweite, in den übrigen Räumen als Kleinesche Decken ausgeführt. Wo die Deckenteilungen reicher ausgebildet werden sollten, sind, um das Durchscheinen der Träger zu verhüten, unter die Kleineschen Decken wagerechte Drahtputzdecken gespannt worden, an denen die Stuckteile teils angetragen, teils in Leimformen angedrückt sind.

Die Fußböden der Diensträume haben durchweg Linoleumbelag auf Zementestrich erhalten. Der Zementestrich ist auf Schlackenbeton aufgebracht und zur Erhöhung der Schalldichtigkeit über den Monierdecken eine 5 cm starke Sandschüttung eingelegt. Im Sockelgeschoß wurde zum Schutze gegen Bodenfeuchtigkeit und im ersten Stockwerk zur Schalldämpfung eine Korkplattenschicht unter dem Linoleum verlegt. Für den erstgenannten Zweck hat auch eine Unterlage von Siderosteer Anwendung gefunden und sich gut bewährt. Dielenfußböden auf Lagerhölzern sind in den Wohnräumen des Sockelgeschosses, Parkettböden in den Wohn- und Gesellschaftsräumen der Präsidentenwohnung verlegt, die übrigen Wohn- und Schlafräume, Flure usw. haben Linoleumbelag, die Küchen, Aborte, Badezimmer Fliesen, die Waschküchen Asphaltbelag erhalten.

Die geschwungene Treppe im Haupteingangsflur (Text-Abb. 8) an der Markgrafenstraße ist in teils poliertem, teils gestocktem Syenit hergestellt. Die Haupttreppe nach dem ersten Stockwerk und die Haupttreppe zur Präsidentenwoh-

Abb. 4. Haupttreppenflur mit Einblick in den Kassensaal.

nung sind in Monierbauweise zwischen vorgestreckten I-Trägern mit Wangen aus [-Eisen und Betonstufen ausgeführt. Die erstere hat eine Verkleidung von nassauischem Marmor, die letztere von Eichenholz erhalten. Die Nebentreppen sind aus Kunststein mit Linoleumbelag, die kleineren Zwischentreppen in Granit oder Eisenkonstruktion mit Holzbelag durchgebildet.

Besondere bauliche Sorgfalt ist auf die Sicherung der Tresore verwendet worden. An den Nachbargrenzen sind bereits in die Bankette gedrehte Stahlschienen, mit denen sich der Beton besonders fest verbindet, eingelegt. Die Bankette sind so tief herabgeführt, daß ein Unterfahren derselben ausgeschlossen ist. Den Fußboden bildet eine 70 cm starke Betonplatte, in die ein Netz von gehärteten Stahlschienen eingelegt ist. Die Umfassungswände sind 77 cm stark in bestem Klinkermauerwerk und reinem Zementmörtel aufgeführt; in jede Schicht ist eine Schiene aus chemisch gehärtetem Stahl eingelegt, die bei dem Tagestresor im Erdgeschoß, der etwas schwächere Umfassungswände zeigt, verdoppelt ist. Die Decke ist aus dicht aneinandergelegten I-Trägern N.-Pr. 17, deren Zwischenräume mit Beton ausgefüllt sind, gebildet. Darüber liegt eine 50 cm starke Betondecke. Die Zugänge zu den Tresoren werden durch starke Panzertüren bester Bauart sowie durch gepanzerte Rahmen abgeschlossen.

Abb. 5. Blick in den Hof mit Architekturteilen vom alten Bau.

Sowohl der große Haupttresor als auch der für das Publikum bestimmte Tresor sind durch je zwei Panzertüren abgeschlossen, so daß der Zugang zu jedem Raum auch dann möglich ist, wenn einmal durch irgend eine Störung des Verschlusses oder ein Versacken eine Tür nicht gleich geöffnet werden könnte. Die Türen können nur mit Benutzung zweier Schlüssel, die sich in den Händen verschiedener Beamten befinden, geöffnet werden. In dem Tresor für das Publikum sind Stahlpanzerschränke mit Schrankfächern verschiedener Größe zur Vermietung für geschlossene Depots aufgestellt. Der Banktresor ist mit der Kasse durch einen Aufzug für Wertpapiere verbunden, der ebenfalls durch eine Panzertür und Panzerungen gesichert ist. Der Tagestresor im Erdgeschoß ist nach außen durch Gitter und Fensterläden stärkster Konstruktion gesichert. Außerhalb der Dienststunden werden die Tresore durch Wächter, die imstande sind, auf ihren Kontrollgängen durch an verschiedenen Stellen angebrachte Lärmzeichen alle Bewohner des Hauses sofort zu benachrichtigen, überwacht.

Die architektonische Ausstattung der einzelnen Räume erfolgte nach Maßgabe ihrer Bedeutung für den Verkehr des Hauses. So ist für die Eingangshalle an der Markgrafenstraße, das zunächst den ganzen Verkehr des Publikums aufzunehmen hat, durch Verwendung von nassauischem Marmor für die Treppengeländer und Wandbekleidungen, getriebene Bronzefüllungen, die in die Geländer eingelassen sind, angetragene Stuckornamente an Wand und Decke eine reichere Wirkung erstrebt worden (Text-Abb. 8). Der Vorraum im Erdgeschoß ist einfacher gehalten und durch Pfeiler und Säulen in Cottaer Stein gegliedert. Eine reichere Ausbildung in Bronze hat das Geländer der Haupttreppe erhalten. Das Auge des Besuchers wird hier sofort durch den Einblick in den großen Kassenhof, den Hauptraum des Hauses, gefesselt (Text-Abb. 4). Der langgestreckte, hallenartige Raum ist durch Pfeiler- und Bogenstellungen in Cottaer Stein umschlossen (Text-Abb. 2 und Abb. 2 Bl. 40); darüber spannt sich eine fein gegliederte Deckenvoute mit einem leichtgeschwungenen Oberlicht, das durch Friese in Schnittverglasung und zarten Farbentönen belebt ist.

Die Türen, Kassentische und Möbel des Raumes sind in rötlich gebeiztem Eichenholz ausgeführt. Der Fußboden ist mit genarbten Fliesen belegt. Von der Voutenumrahmung hängen sechs Bogenlampen in reicher Bronzefassung herab, die Zahltische werden durch Bronzewandarme, die an den Pfeilern angebracht sind, beleuchtet. Über den Türen in den vier Ecken sind Bronzefüllungen nach Modellen des Bildhauers Otto Beyer in Berlin eingesetzt, in denen der Einfluß

der Seehandlung auf die Entwicklung von Handel und Industrie dargestellt wird. Die Modelle der ornamentalen Teile des Hofes lieferte der Bildhauer Otto Richter in Berlin, die Ausführung in Cottaer Sandstein wurde durch die Firma Förster in Riesa bewirkt.

Im ersten Stockwerk wurden die Dienstzimmer des Präsidenten und der Mitglieder der Generaldirektion durch Stuckdecken nach Modellen des Bildhauers R. Schirmer in Berlin und durch Eichenholztüren, die zum schallsicheren Abschluß verdoppelt und auf der Innenseite mit Fries bespannt sind, reicher ausgestattet. Ebenso der Sitzungssaal, in dem Paneele und Türen in dunklem, rötlichem Nußbaumholz ausgeführt sind, um für die Möbel, die aus der alten Seehandlung übernommen wurden, einen passenden Rahmen zu gewähren (Abb. 2 Bl. 41). Alle diese Räume haben bessere Tapeten und Ausmalung der Decken in Wachsfarben mit teilweiser Vergoldung der Stuckteile erhalten. Die übrigen Bureauräume sind einfach ausgestattet und in lichten Tönen mit Keimscher Mineralfarbe gestrichen worden.

In der Wohnung des Präsidenten sind diejenigen Räume, die für gesellschaftliche Zwecke benutzt werden sollen, aufwändiger behandelt worden. Speisesaal und Dielen sind mit Eichenholzpaneelen und Deckenteilungen in Eichenholz versehen; der obere Teil der Wände ist mit stoffartig wirkenden Tapeten in kräftigen Farbentönen bekleidet. Durch Erkerausbauten, Anbringung von Sitzplätzen usw. ist diesen Räumen, die zusammen mit den Zimmern des Herrn und der Dame für den täglichen Aufenthalt der Familie zu dienen haben, der Charakter einer ruhigen, vornehmen Behaglichkeit verliehen.

Der Empfangssalon und der Festsaal (Abb. 1 Bl. 41), die für die Veranstaltung größerer Festlichkeiten bestimmt sind, zeigen eine helle, glänzendere Farbenstimmung. Die Wände sind durch feine Gliederungen in Stuck, Wände und Decken durch angetragene Stuckornamente belebt. Die größeren Wandflächen im Empfangssalon sind mit altgoldfarbigen Tekko-Tapeten, die des Festsaales mit Spiegeln bekleidet; das ganze Holzwerk der Türen, Paneele und Heizkörperverkleidungen ist aus weißlackiertem Kiefernholz hergestellt. Im Festsaal sind die Öffnungen der Heizkörperverkleidungen mit getriebenen Bronzefüllungen abgeschlossen.



Abb. 6. Teil der Decke im Festsaal der Präsidentenwohnung.

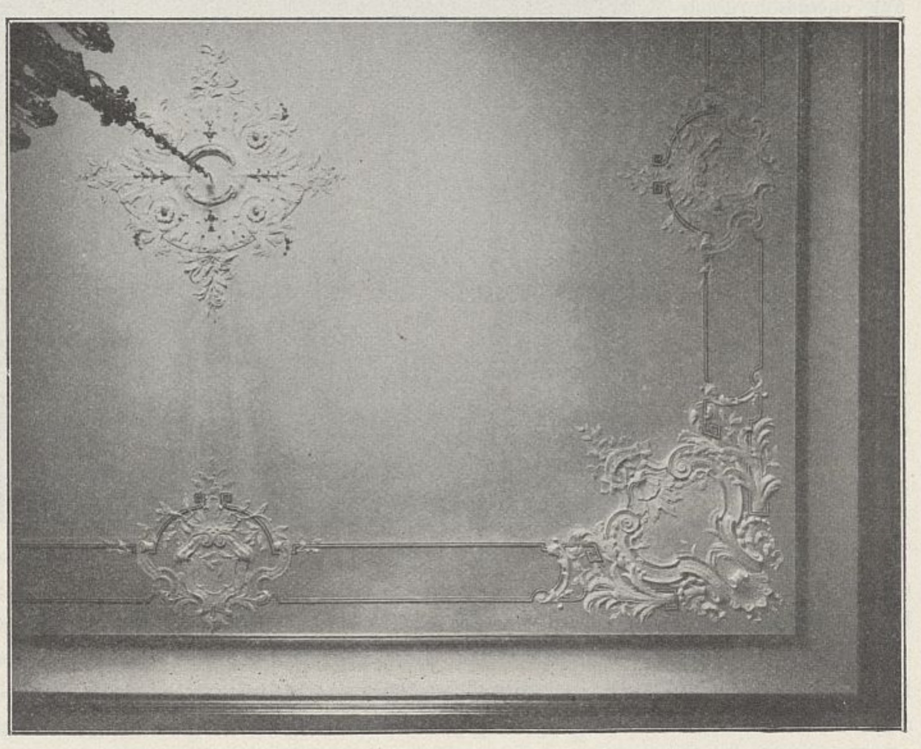


Abb. 7. Teil der Decke im Damenzimmer.

Für die Möblierung des Festsaales ist weißlackiertes Kiefernholz mit dunkelroten Damastbezügen, des Salons dunkles Mahagoniholz mit hellblauen Seidenripsbezügen verwendet worden. Die Schlaf- und Wirtschaftsräume sind durchweg einfach ohne besonderen Aufwand ausgestattet.

Die Erwärmung der Diensträume und Wohnungen erfolgt durch eine Warmwasserheizung. Im Kellergeschoß unter der Haupttreppe zur Präsidentenwohnung sind vier gußeiserne Niederdruckwarmwasserkessel mit selbsttätigem Verbrennungsregler aufgestellt. Das in den Kesseln erhitzte Wasser wird durch ein senkrechtes Steigerohr den Verteilungsleitungen im Dachgeschoß zugeführt. Von diesen zweigen sich die senkrechten Fallstränge zumeist an den Außenfronten ab und liegen in ausgesparten Kanälen, die mit Eisenblech verkleidet sind. Die Heizkörper stehen in den Fensternischen. In den reicher ausgestatteten Räumen sind gußeiserne Rippenheizkörper mit Verkleidungen aufgestellt, in den übrigen Räumen freistehende gußeiserne Radiatoren. Die Rücklaufleitungen sind im Kellergeschoß, in den nichtunterkellerten Räumen in begehbaren

Kanälen vereinigt. Für die Heizung und Lüftung der Tresore im Sockelgeschoß und des Kassenhofes ist eine getrennte Niederdruckdampf- bezw. Luftheizung angelegt. Die frische Luft wird im Hofe entnommen, durch Filter gereinigt und mittels zweier elektrisch betriebenen Ventilatoren zwei Heizkammern zugeführt, in denen sie durch Rippenregister, die von einem im Heizraum aufgestellten Niederdruckdampfkessel beheizt werden, erwärmt wird. Aus der einen Kammer wird die erwärmte Luft durch ⅂L-förmige Düsenrohre, die durch ihre Form und Maße das Einführen von Bohrern und Sprengstoffen verhindern, in die Tresore geführt, durchstreicht mittels kleiner Öffnungen in den Zwischenwänden die sämtlichen Tresorräume und wird am anderen Ende wieder durch Düsenrohre in einen Sammelkanal abgeführt und über Dach abgesogen. Diese Art der Heizung, die bereits mehrfach bei Tresoranlagen neuerer Bankbauten mit Erfolg angewendet ist, macht, da jede Einstellung von Heizkörpern vermieden ist, das Betreten der Tresore auch für den Heizer überflüssig und bewirkt eine gute Erwärmung und Lüftung der Räume. Von der zweiten der oben erwähnten Heizkammern wird die vorgewärmte Luft in einem senkrechten Kanal bis über die Voute des Kassenhofes geführt und durch Öffnungen in derselben von oben her eingepreßt. Zugleich wird von hier aus die Beheizung der im Kassenhofe aufgestellten Rippenregister, die mit Sitzbänken umkleidet sind, bewirkt. Die Entlüftung des Kassenhofes erfolgt durch Öffnungen in der geputzten Oberlichtumrahmung, die gleichzeitig mit der Firstlüftung des äußeren Oberlichtes vom ersten Stockwerk aus geöffnet werden können. Der Raum zwischen dem äußeren und inneren Oberlicht wird durch eine Dampfrohrleitung erwärmt und hierdurch ein schnelles Schmelzen der etwa auf dem äußeren Oberlicht lagernden Schneemassen herbeigeführt, die Bildung von Schweißwasser verhindert und Zugerscheinungen, die sich sonst durch das Herabsinken der kalten Luft vom Oberlicht her bemerkbar machen könnten, vermieden. Von der Oberlichtkonstruktion, der Rinnenanlage und der obenbesprochenen Lüftungsanlage gibt die nachstehende Text-Abb. 9 ein Bild. Für die Entlüftung stärker besetzter Einzelräume ist durch Abzugskanäle, die bis zum Dachboden geführt und mit schmiedeeisernen Deflektoren abgeschlossen sind, gesorgt. Zuführung vorgewärmter frischer Luft haben nur die stark besetzten Buchhaltereien erhalten. Die Ausführung der Heizungsanlage war der Aktiengesellschaft J. Haag übertragen.



Abb. 8. Aufgang im Haupteingangsflur an der Markgrafenstraße.

Die Aborträume sind an verschiedene Stellen des Gebäudes verteilt. Es sind überall freistehende Abortsitze mit Spülkästen aufgestellt worden. Außer den in einigen Aborträumen befindlichen Waschtischen sind auch noch in allen größeren und wichtigeren Geschäftsräumen Waschtische angebracht worden.

Die Beleuchtung sämtlicher Diensträume, Treppen, Flure usw. erfolgt durch elektrisches Licht, im Kassenhof durch sechs Bogenlampen, in den übrigen Räumen durch Glüh- und Nernstlampen. Für die Wohnung des Präsidenten ist in den Repräsentationsräumen elektrische Beleuchtung, in den übrigen Räumen, sowie in allen anderen Dienstwohnungen Gasbeleuchtung vorgesehen. Die elektrische Beleuchtung ist durch Siemens u. Halske ausgeführt, der Strom hierfür, sowie für den Personenfahrstuhl und einen Aktenaufzug wird durch eine in der Jägerstraße befindliche Blockzentrale geliefert.

Zur schnellen Vermittlung des inneren Verkehrs, die gerade für den kaufmännischen Betrieb der Seehandlung von großer Wichtigkeit ist, wurde hier von Fernsprechanlagen

in umfassender Weise Gebrauch gemacht. Es sind nicht nur alle wichtigen Dienststellen des Hauses untereinander durch Fernsprecher verbunden, sondern auch durch eine im Sockelgeschoß eingerichtete Hauptstelle in die Lage gesetzt, sich sofort vom Platze aus nach außen verbinden zu lassen. Für den Sicherheitsdienst im Hause ist durch elektrische Klingelleitungen und Lärmsignale in ausgedehnter Weise Sorge getragen. Alle diese Einrichtungen sind von der Aktiengesellschaft Mix u. Genest hergestellt. Zum Schutze gegen Feuersgefahr wurde das Gebäude mit einer Blitzableitung versehen und an verschiedenen Stellen Feuerhähne mit Schlauchleitungen und Löschgeräten aufgestellt.

Mit dem Neubau wurde, nachdem im Frühjahr 1901 die alten Gebäude abgebrochen waren, im Mai 1901 begonnen und der Rohbau mit einer mehrmonatigen, durch die Witterung bedingten Unterbrechung bis zum Oktober 1902 fertiggestellt. Der innere Ausbau nahm dann ein weiteres Jahr in Anspruch, so daß im August 1903 die Diensträume, im September desselben Jahres alle Wohnungen in Benutzung genommen werden konnten. Die Kosten der Ausführung betragen:

1. für den Neubau ausschl. Bauleitung 925 600 ℳ
2. für künstliche Gründung . . . . 13 300 „
3. für die Nebenanlagen . . . . . 4 600 „
und 4. für die innere Einrichtung . 55 000 „ .

Bei einer bebauten Grundfläche einschließlich des Kassenhofes von 1563,7 qm und einem umbauten Raume von 30 617 cbm betrugen die Kosten für den Neubau nach 1 für 1 qm bebauter Fläche 593 ℳ und für 1 cbm umbauten Raum 30,2 ℳ, ein Preis, der im Vergleich zu den Kosten anderer neuerer Bankbauten als mäßig bezeichnet werden kann. Die bei der Ausführung im wesentlichen beibehaltene Anordnung der Grundrisse ist von dem Bauinspektor Kern angegeben worden. Die architektonische Gestaltung des Neubaues ist ein Werk des Geheimen Oberbaurats Kieschke, unter dessen Oberleitung auch die Ausführung erfolgte. Die besondere Bauleitung lag in den Händen des Landbauinspektors Baurat Bürde. — Besondere Förderung ist dem Neubau, was schließlich dankbar hervorgehoben werden mag, durch das verständnisvolle, allen praktischen wie ästhetischen Fragen gleichmäßig zugewendete Interesse des Präsidenten der Seehandlung Havenstein zuteil geworden. Insbesondere hat er durch sein warmherziges Eintreten ermöglicht, daß zum künstlerischen Schmuck des Bankgebäudes auch die Bildhauerkunst in weitgehender Weise herangezogen werden konnte.

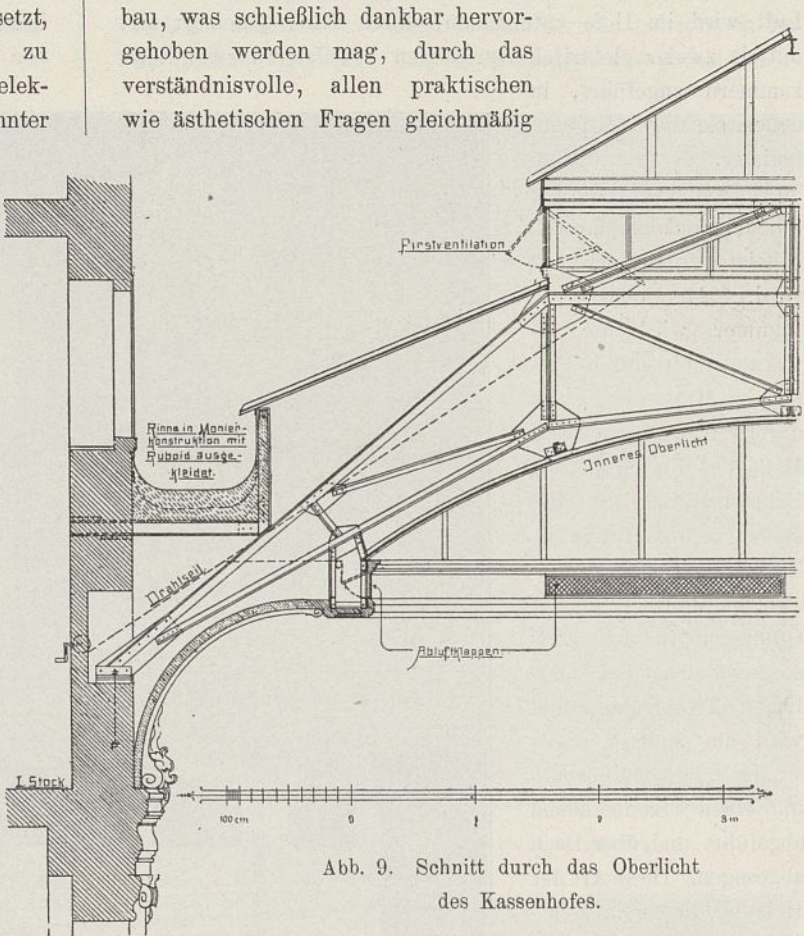


Abb. 9. Schnitt durch das Oberlicht des Kassenhofes.

Landsitz Eichhof bei Lauterbach in Hessen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 42 im Atlas.)

Der Landsitz Eichhof liegt auf einer Höhe der Vogelsberge, inmitten einer wundervollen Landschaft; aus seinen Fenstern genießt man den Blick auf das flußdurchrauschte Tal, auf die prächtigen Waldberge und das altertümliche Städtchen Lauterbach. Die stolze Bergfeste Eisenbach, der Stammsitz des Bauherren, wird noch sichtbar. Das bergige Gelände des Grundstückes ist trefflich benutzt; auf seiner oberen Plattform, gegen den rauhen Wind durch einen höheren Bergzug geschützt, ist eine umfangreiche Gartenanlage geschaffen, in deren Mitte sich das Wohnhaus erhebt. Hieran schließt sich mit ausgedehnten Stallungen ein Wirtschaftshof an, vom Unterzeichneten gleichfalls im Stile des Wohnhauses, nur in einfacheren Formen geschaffen (vgl. Text-Abb. 6 bis 9 S. 397). Beim Betrachten des Entwurfes

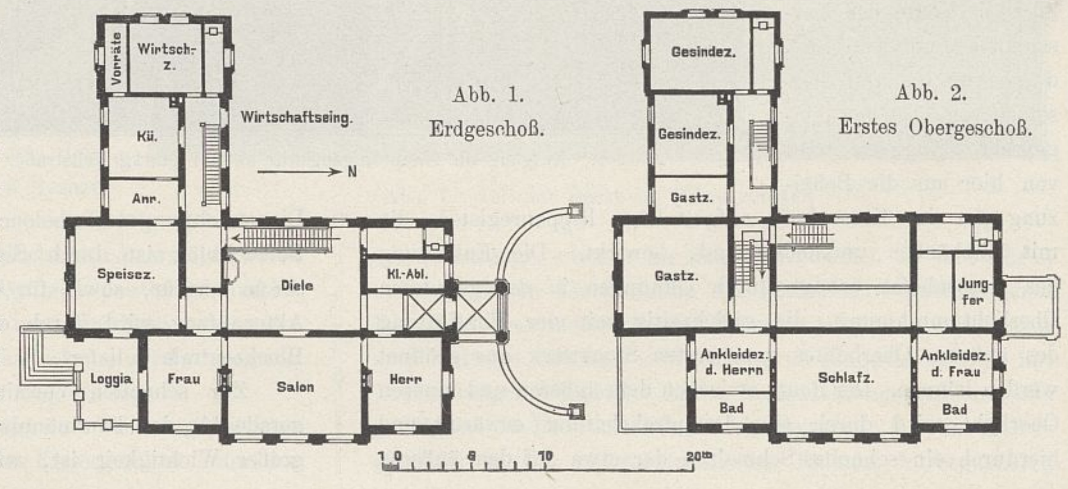


Abb. 1. Erdgeschoß.

Abb. 2. Erstes Obergeschoß.

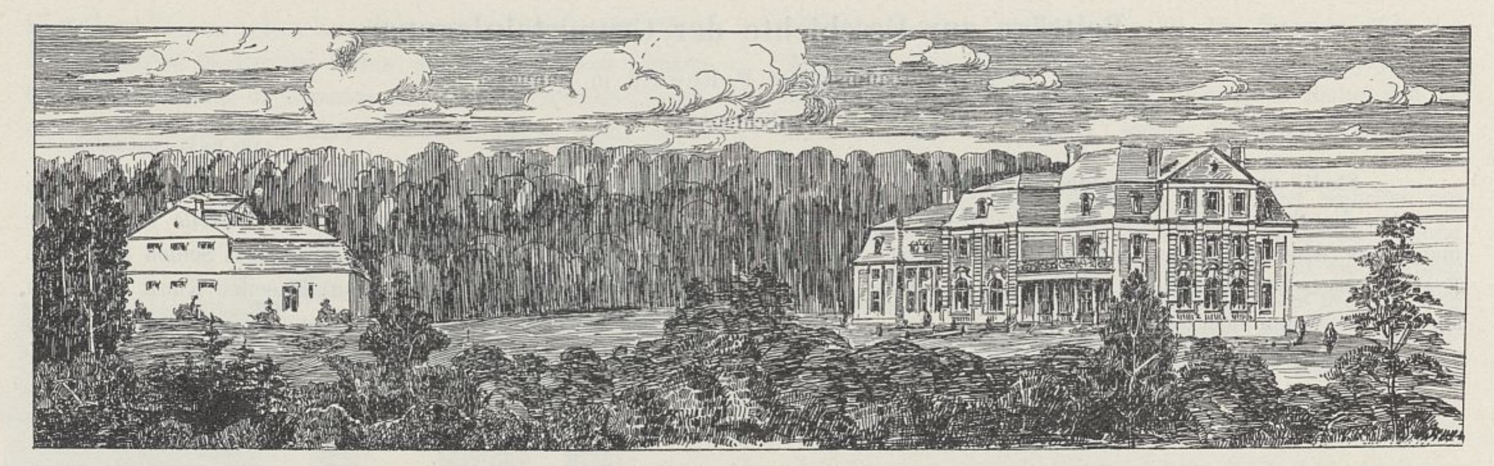


Abb. 3. Gesamtansicht.

wird mancher fragen, warum die herausfordernde Höhenlage des Grundstückes nicht benutzt wurde zur Errichtung eines burgähnlichen Wohnhauses, mit Türmen und Erkern ausgestattet. Die Antwort hierauf liegt in der Vorliebe des Bauherrn für die deutsche Wohnhausarchitektur des 18. Jahrhunderts; er bewohnte vorher im nahen Städtchen ein Schloß, das ein Vorfahr im genannten Jahrhundert gebaut hatte, mußte es aufgeben und wünschte sein neues Heim im gleichen Gewande zu sehen.

Zum Verständnis des Grundrisses muß man außerdem wissen, daß die Bewohner kinderlos sind. Das Haus hat ein Kellergeschoß, enthaltend die Räume für die Niederdruck-Dampfheizung, Vorratskeller, Wirtschaftsräume und eine kleine Dienerwohnung. Vor dem Haupteingang ist eine bedeckte Unterfahrt mit Rampenanlagen vorgesehen. Im Erdgeschoß (Text-Abb. 1) führt der Vorflur mit Kleiderablage und unmittelbarem Zugang zum Herrenzimmer in die große, durch beide Geschosse reichende Treppendiele, an die sich Salon, Damen- und Speisezimmer anschließen. Von letzterem aus gelangt man auf die Loggia, deren Treppe in den Garten hinabführt. Die Tür der Loggia ist als Fenster ausgebildet und sichert dadurch dem Kopfplatz am Eßtische gutes Seitenlicht. Die Bedienung des Speisezimmers geschieht von der Anrichte aus; diese liegt mit Küche und Wirtschaftszimmer am Nebenflur, in dem sich die einläufige Wirtschaftstreppe befindet. Das Obergeschoß (Text-Abb. 2) enthält ein großes Schlafzimmer, zu seinen Seiten je ein Ankleidezimmer mit Bad, in der Nähe des Damenankleidezimmers das Zimmer der Jungfer. Zugänglich sind die genannten Räume von einem galerieartigen Gange, der in halber Höhe die Diele durchzieht (vgl. Text-Abb. 5 S. 395). Sonst sind noch Gastzimmer und im niedrigen Wirtschaftsbau Gesindestuben eingerichtet. Weitere Gaststuben nimmt das Dachgeschoß auf.

Abb. 4. Südansicht.

Die Ausstattung der Räume ist ausgesucht edel, nicht nur in betreff der Kamine, Wandverkleidungen und Möbel, sondern auch der Kunstgegenstände, als Gefäße und Gemälde. Die größeren Bilder sind in der Diele aufgehängt.

Für die äußere Erscheinung des Hauses sind die Architektur von weißem Werkstein und die geputzten, gelb gefärbten Flächen bestimmend. Das Mansardendach ist als Doppeldach mit Biberschwänzen eingedeckt. Ausschließlich der kostbaren Ausstattung der Wände und Dielendecke wurde das Haus für die Summe von 130000 Mark fertiggestellt.

Dresden, Januar 1903. Hugo Hartung.

Beiträge zur Geschichte der Grundsteinlegung.

Vom Stadtbauinspektor P. Rowald in Hannover.

(Schluß.)

Stadt- und Mauergründung im Mittelalter.

An die Städtegründungen des Mittelalters knüpft sich mancherlei Aberglaube, namentlich das Vertrauen auf die Kraft zauberischen Bildwerks und die Sterndeuterei, beides aus dem Altertum überkommen.

Der Dichter Virgilius, dessen Grab in Neapel auf dem Posilipo gezeigt wird, war der Sage zu einem Zauberer geworden, dem jene Stadt mancherlei Wohltaten verdankte. Konrad von Querfurt, designierter Bischof von Hildesheim, Kanzler Kaiser Heinrichs VI. und Stellvertreter für Süditalien, schrieb 1194 seinen Hildesheimer Freunden über die Wunderwerke Virgils in Neapel, die ihn um so mehr anregten, als er beauftragt war, die Mauern dieser Stadt, die 1191 der kaiserlichen Belagerung gespottet, 1194 aber sich den Hohenstaufen ergeben hatte, schleifen zu lassen. Er erwähnt eines von Virgilius gearbeiteten und in einer Glasflasche mit sehr enger Mündung eingeschlossenen Bildes der Stadt, an dessen Erhaltung, wie an ein Palladium, die Wohlfahrt Neapels geknüpft war. Auch sollen die Ringmauern der Stadt von dem Philosophen gegründet und gebaut gewesen sein. „Freilich hat", fügt der Kanzler bei, „weder der Mauerbau noch die Wunderflasche den Neapolitanern etwas genützt. Wir haben die Stadt samt der Flasche in unserm Besitz, und die Mauern haben wir sogar auf Befehl des Kaisers zerstört. Vielleicht hatte aber die Flasche ihre Kraft verloren, weil sie ein klein wenig zersprungen ist (quia modicum fissa est)."

Abweichend davon berichtet Villanis Chronik der berühmten Stadt Neapel: „Es war in der Zeit des besagten Virgilio ein Schloß, erbaut im Meere auf einer Klippe, wie solches annoch vorhanden ist, welches Castello Marino oder auch di Mare genannt wurde. Als selbiges Schloß im Werke war, beliebte es dem Virgilio, mittels seiner Kunst ein Ei zu weihen, das erste, welches eine Henne gelegt hatte. Sothanes Ei brachte er in eine Flasche, durch die engste Öffnung der besagten Flasche. Die Flasche nebst Ei ließ er einschließen in einen höchst sorgfältig gearbeiteten Käfig, und besagten Käfig, welcher die Flasche und das Ei enthielt, ließ er mit einigen Eisenbändern unter einem eichenen Balken aufhängen, welcher der Quere nach in den Mauern eines Kämmerchens haftete, das eigens für diesen Zweck gemacht war. Mit großer Sorgfalt und Feierlichkeit ließ er jene Vorrichtung in dem besagten Kämmerchen verwahren, an einem geheim gehaltenen und durch gute Türen und eiserne Schlösser gesicherten Orte. Er verordnete, daß von jenem Ei, von dem das Schloß seinen Namen erhielt, alle Schicksale des Schlosses abhängen sollten. Unsere Voreltern hielten auch daran fest, daß das Schloß so lange Dauer haben solle, als das so bewahrte Ei erhalten bliebe."

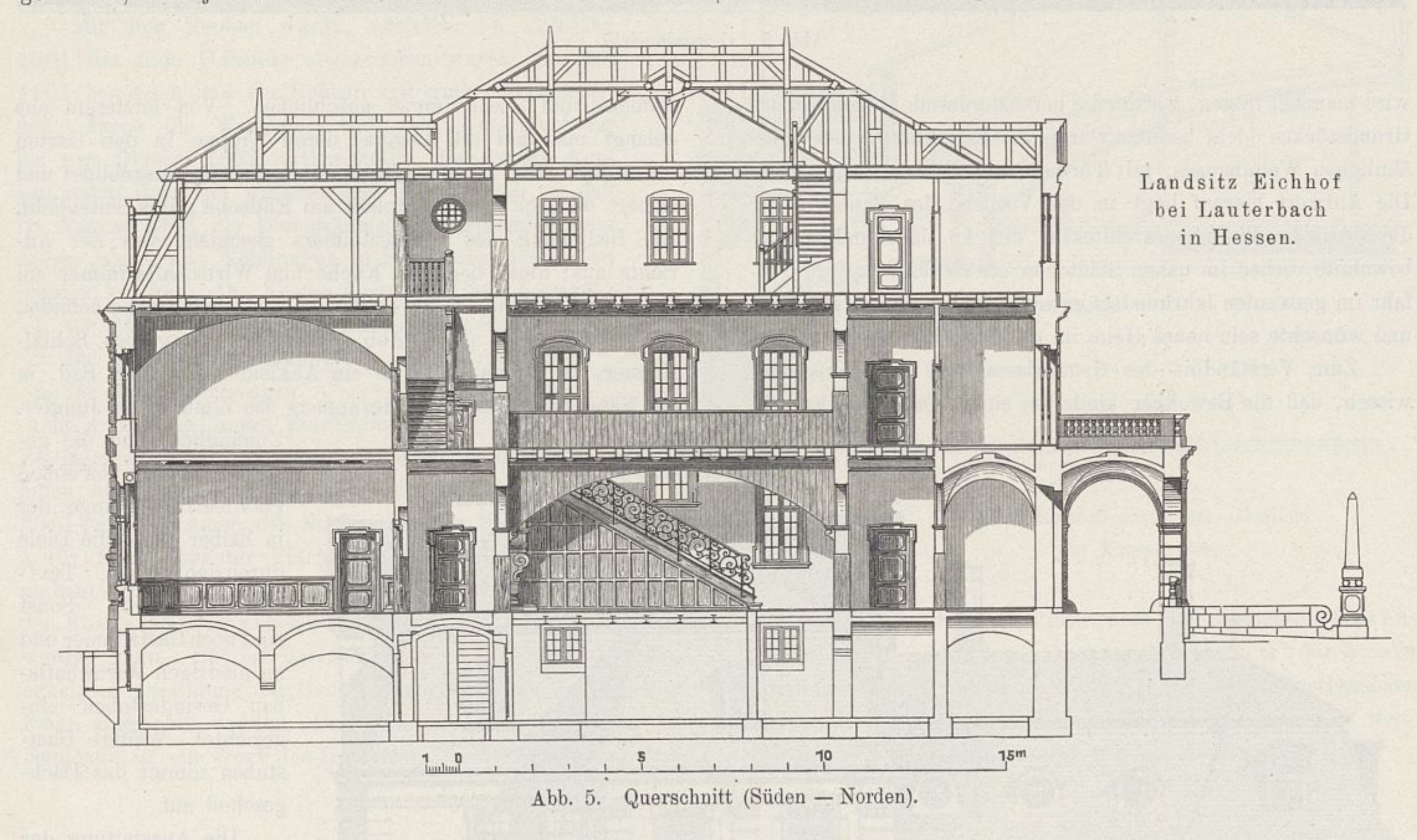


Abb. 5. Querschnitt (Süden — Norden).

Die Gründung Venedigs setzt Sansovino (1581 n. Chr.) in das Jahr 413 n. Chr. und beschreibt in seinem Buche „Venetia città nobilissima et singolare" den Vorgang wie folgt: „Als bereits das römische Reich seinem Untergang entgegenging, fiel Alarich, der Westgotenkönig, im Jahre 413 in Italien ein, nahm nach langer Belagerung Padua, plünderte es und warf die Brandfackel in die Häuser. Auf Gebet und Gelübde jedoch, an den heiligen Jakobus gerichtet, erfolgte das Wunder eines starken Regens, welcher die Feuersbrunst löschte. Die bisher dort

ansässigen Veneter faßten darauf im selben Jahre am 16. März den Entschluß im Rat von Padua, als Konsuln waren Galiano di Fontana, Simone de Glauconi und Antonio Calvo de Lovani, eine neue Hafenstadt in Rialto zu bauen, und es erging dieses

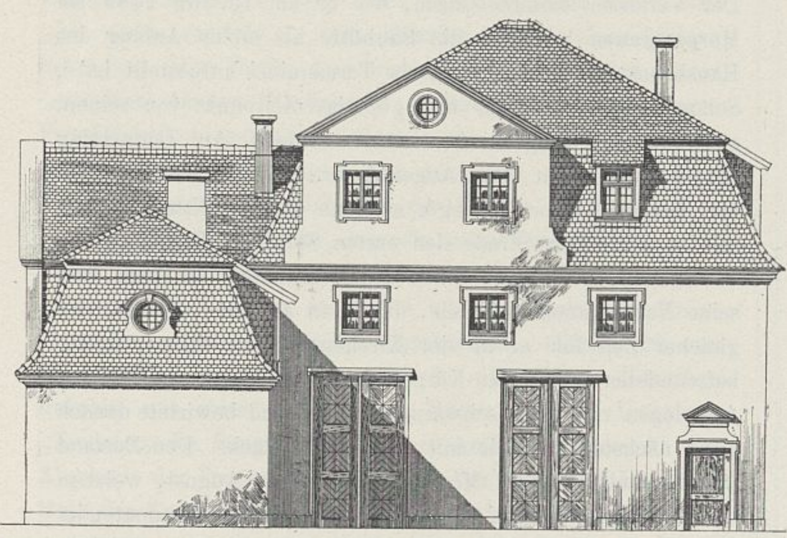


Abb. 6. Nordostansicht.

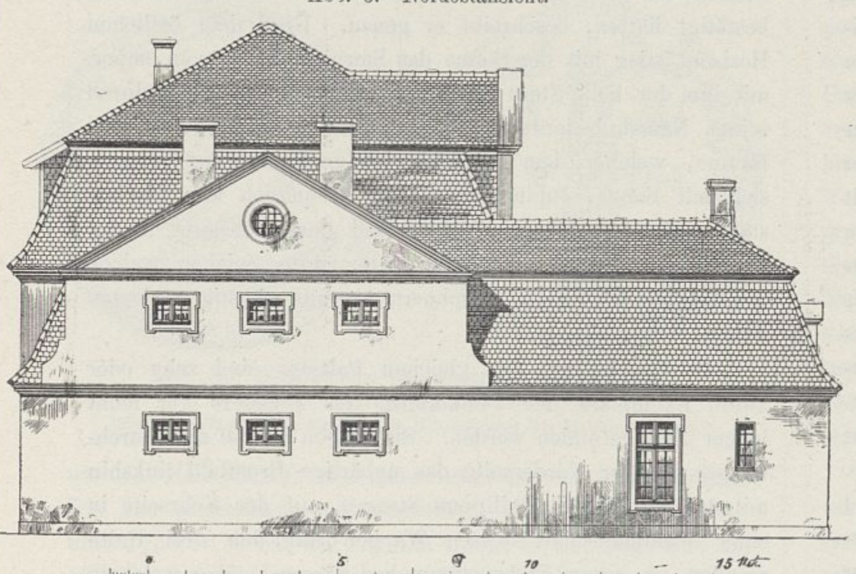


Abb. 7. Südostansicht.

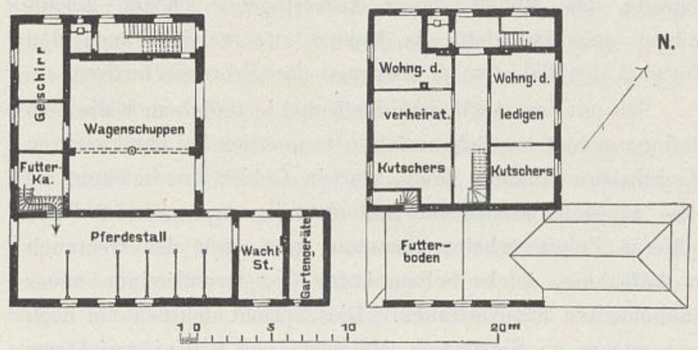


Abb. 8. Erdgeschoß. Abb. 9. 1. Obergeschoß.

Abb. 6 bis 9. Stallgebäude.

Landsitz Eichhof bei Lauterbach in Hessen.

Gebot: wenn ein Schiffshandwerker, wenn ein im Seewesen Erfahrener sich dort ansiedeln wolle, der solle aller Lasten frei sein, ausgenommen Leibeigene und solche, die wegen Verräterei und Betruges verurteilt sind usw. Auch ward verordnet, daß sich dort eine Kriegsflotte aufhalten solle, um sich auf der See zu üben und im Kriegsfall den Hafen zu bewachen, und wurden erwählt drei Konsuln über das Werk für zwei Jahre. Und so am 25. März auf Mittag gab man sich daran, die Kirche (San Giacomo in Rialto) und die Stadt Venedig zu gründen, indem der Himmel in einzig günstigem Zustande sich befand, wie es von den Sternkundigen mehrfach berechnet war. Und wahrlich ein glücklicher und segensvoller Anfang durch die Fügung Gottes, welcher gedachte, die Freiheit und den Vorrang Italiens emporzuheben, das sonst durch die Reichsteilung Konstantins (des römischen Kaisers) gänzlich hätte zugrunde gehen müssen! Gott wollte, daß, während Italien den Barbaren zur Beute verblieb, im Niedergange des Reiches sich eine neue freie und christliche Stadt erheben sollte, welche den edlen Geschlechtern als Zuflucht dienen und den Glanz dieser bisher so herrlichen Provinz aufrecht erhalten würde. Deswegen ward sie geboren unter offenbaren Anzeichen des Gelingens. Sintemalen der erste Priester, welcher in der neuen Kirche San Giacomo bestallt wurde, den Namen Felice hatte — wie nachher angenommen wurde — und der erste Fürst, welcher den herzoglichen Thron nach Rialto überführte, sich Beato nannte, oder Angelo, gleichsam als ob der Himmel ausdrücklich bedeuten wollte, daß dieser Ort in jeder seiner Eigenschaften sollte „glücklich" und „selig" und „engelhaft" zu bewohnen sein. Außerdem begab sich der Beginn der Stadt in einer Zeit, da die Menschen noch viel glühender im Glauben waren, als noch näher stehend den Jahrhunderten der heiligen Väter; im Monat März, welcher von alters her verehrt war von den Ägyptern und den andern ausgezeichnetsten Völkern, und in welchem sich die Welt mit neuen Farben bekleidet, und ihre Schönheit wieder frisch erwacht; und welcher von den alten Vätern (den Kirchenvätern) und von den Römern als der Anfang des Jahres angesehen wurde, wie auch wir ihn noch ansehen; und in welchem sich begab das Geheimnis der Welterlösung durch den Tod unseres Herrn. Genau an dem Tage, da der seligsten Jungfrau durch den himmlischen Boten die Verkündigung ward von der Fleischwerdung des Wortes Gottes. In der Stunde, da die Sonne war auf dem höchsten Gipfel ihres Glanzes, in dem Augenblick ihres höchsten Standpunktes am Himmel. Mit so erhabenem und glänzendem Anfang erstand also jene bewunderungswürdige Stadt, welche vorverkündet ist nach Einiger Meinung von Ezechiel, wo er sagt (Kap. 38 V. 11): „Ich werde niedersteigen zu einem Lande ohne Mauer. Ich werde kommen zu Menschen, welche ruhig leben und sicher wohnen. Diese alle wohnen ohne Mauer, sie haben nicht Riegel und Tore usw." Und hiervon hebt das durch die Geburtsstunde gewiesene Schicksal Venedigs an. Und zum frohen Gedächtnis jenes hochfestlichen der Mutter Gottes geweihten Tages verordnete die Republik: der Fürst mit der Signoria solle jedes Jahr nach San Marco hinabsteigen, dem Frühgottesdienste beiwohnen und nach dem Frühstück eine auserwählte Predigt hören, welche gehalten zu werden pflegt von dem größten Prediger, der sich zur Zeit in Venedig vorfindet."

Im Jahre 801 taten sich die edlen Geschlechter der Florentiner Landschaft zusammen, um die von Totila zerstörte Stadt Florenz wieder aufzurichten, nachdem sie sich des

Schutzes Karls des Großen und des Papstes Leo, namentlich gegen die eifersüchtigen Fiesolaner, versichert hatten. Am 1. April Mittags begannen sie den Mauerring. Das Marmorbild des Mars, welcher für den Schutzgott der früheren Stadt galt, hatten sie aus dem Arno, wo es versunken war, wieder hervorgezogen und stellten es nun auf einem Pfeiler am Ufer wieder auf, dort wo sich später der Brückenkopf des ponte vecchio befand. Man glaubte fest, ohne dieses würde die Neugründung keinen Bestand haben. Die Sonne stand auf ihrer Höhe im Zeichen des Widders. Der Planet Merkur war mit ihr im selben Grade verbunden, Mars blickte sie freundlich an. Alles deutete auf Zuwachs des Volkes, Tüchtigkeit in den Waffen und in der Reitkunst, Kriegslust, Betriebsamkeit, Stärke im Handel. Der Berichterstatter Villani († 1348) bekämpft wacker sowohl den Bilderdienst wie den Sternenglauben als vernunftwidrig und heidnisch.

Die Neugründung der Mauern von Forli erfolgte nach den Ratschlägen des Guido Bonnato. Dieser Gelehrte, welcher durch seine Tätigkeit wie durch sein großes wohldurchdachtes Werk „De astronomia tractatus" der Wiederhersteller der Sternkunde und Sterndeutung im 13. Jahrhundert heißen darf, beredete, um dem Parteikampf der Guelfen und Ghibellinen in Forli ein Ende zu machen, die Einwohner zum feierlichen Beginn des Mauernbaues unter einer besonders günstigen Sternenstellung, die er angab. Wenn zu jener Stunde Leute beider Parteien in demselben Augenblick jeder seinen Stein in den Grund würfen, so würde in Ewigkeit keine Parteiung mehr in Forli sein. Man wählte einen Guelfen und einen Ghibellinen zu diesem Geschäfte; der hehre Augenblick erschien, beide hielten ihre Steine in der Hand. Die Arbeiter warteten mit ihrem Werkzeug, und Bonnato gab das Zeichen. Da warf der Ghibelline sogleich seinen Stein hinunter, der Guelfe aber zögerte und weigerte sich dann gänzlich, weil Bonnato selbst als Ghibelline galt und etwas Geheimnisvolles gegen die Guelfen im Schilde führen konnte. Nun fuhr ihn der Astrolog an: „Gott verderbe dich und deine Guelfenpartei mit eurer mißtrauischen Bosheit! Dies Zeichen wird 500 Jahre lang nicht mehr am Himmel über unserer Stadt erscheinen!"

Guido Bonnato begnügte sich aber nicht mit jener symbolischen Szene der Eintracht beider Parteien. Durch ein ehernes oder steinernes Reiterbild, das er mit astrologischen und magischen Hilfsmitteln zustande brachte und vergrub, glaubte er die Stadt Forli vor Zerstörung, ja schon vor Plünderung und Einnahme geschützt zu haben. Als Kardinal Albornoz etwa sechs Jahrzehnte später die Romagna beherrschte, fand man das Bild bei zufälligem Graben und zeigte es dem Volke, um diesem klar zu machen, durch welche Mittel der grausame Montefeltro sich gegen die römische Kirche behauptet habe. Wiederum ein halbes Jahrhundert später (1410), als eine feindliche Überrumpelung von Forli mißlang, schrieb man die Abwendung des Unheils doch wieder der Kraft des Bildes zu, das vielleicht wieder vergraben worden war. Man freute sich dessen zum letztenmal, denn im folgenden Jahr wurde die Stadt wirklich eingenommen.

Profane Grundsteinlegungen vom fünfzehnten bis zum achtzehnten Jahrhundert.

In diesem Zeitabschnitt besteht die Sterndeutung unentwegt fort, während das Vertrauen auf schützendes Bildwerk sich zur Vorliebe für eingelegte Schaumünzen abschwächt. — Im Hausarchiv der Strozzi in Florenz befinden sich die eigenen Aufzeichnungen des Filippo Strozzi, des Älteren, welche die Gründung seines bekannten Palastes betreffen. Der Verfasser berichtet darin, wie er am 15. Juli 1489 bei Morgengrauen zunächst die Bauhütte als ersten Anfang des Hausbaues in der Via larga da Tornaquinci aufgestellt habe. Schon hierfür war ihm der günstige Zeitpunkt von seinem sternkundigen Ratgeber bezeichnet worden. Am Donnerstag den 6. August in dem Augenblicke, da die Sonne hinter den Bergen hervortrat, legte er dann in der Mitte des Portals an genannter Straße den ersten Stein der Grundmauern, im Namen Gottes und eines guten Anfangs für sich und seine Nachkommen und alle, die daran arbeiten würden. Zu gleicher Zeit ließ er in vier Kirchen Messen singen, sandte befreundeten geistlichen Körperschaften Almosen, gab seinem Astrologen vier Ellen schwarzen Damast und bewirtete danach seine nächsten Freunde mit einem Frühstück. Den Zustand des Himmels zu jener Morgenstunde des 6. August, welchen ihm Benedetto Biliotti, sein mehrerwähnter sterndeutender Freund, als günstig angegeben und andere kundige Gelehrte bestätigt hatten, beschreibt er genau. Über dem östlichen Horizont stieg mit der Sonne das Sternbild des Löwen empor, mit ihm der helle Stern Cor leonis (Regulus), der schon durch seinen Namen bedeutungsvoll ist. Der Mond stand in dem Raume, welcher dem Jupiter zugeeignet ist, und schaute sich mit Sonne, Jupiter und Venus freundlich an. Merkur stand auf seiner Höhe. Zudem fand der Baubeginn in der Stunde und am Tage des Jupiter statt: Lauter Zeichen, welche dem Hause und seinen Bewohnern überaus günstig zu deuten waren.

In den Kellern des gleichen Palastes sind zehn oder zwölf Exemplare der Denkmünze des Erbauers vor nicht langer Zeit gefunden worden. Sie zeigen bei 90 mm Durchmesser auf der Vorderseite das unbärtige Brustbild linkshin mit der Umschrift „Philippus Stroza", auf der Kehrseite in einer Waldlandschaft dessen Wappen mit den drei Halbmonden, an einem Eichenstämmchen hängend, über welchem ein Adler mit ausgebreiteten Flügeln linkshin steht. Man schreibt das Modell dieser hervorragend schönen Schaumünze dem Benedetto da Majano zu, welcher auch den Entwurf des Palastes im Auftrage des Erbauers fertigte.

Seit mit dem Aufblühen der Kunst in Italien auch die Herstellung gegossener Schaumünzen namentlich bei den kleineren Machthabern Anklang fand, als ein Gebiet, in welchem sie ohne zu große Kosten ihr Andenken in ansprechender Form späteren Zeiten erhalten konnten, kam auch der Gebrauch in Aufnahme, solche Schaumünzen den Grundsteinen neuer Baulichkeiten anzuvertrauen. Dies spricht deutlich ein noch vorhandener an Sigismondo Malatesta von Rimini gerichteter Brief des Jahres 1453 aus, welcher besagt, die ungezählten Bilder in Gold, Silber und Erz, welche dieses Fürsten Antlitz der Nachwelt überlieferten, seien in den Grund und in die Mauern seiner Bauten vergraben und vermauert oder an auswärtige Fürsten versandt worden. Eine Medaille des Bernardino Francesconi von Siena zeigt selbst den Zweck an, in das Grundwerk gelegt zu werden, durch ihre Aufschrift: „fundavit hanc domum", ohne daß etwa ein bestimmtes Haus darauf dargestellt wäre. Etwa zwanzig ver-

schiedene gegossene bronzene Schaumünzen des Papstes Paul II. sind in den Kellermauern des von ihm erbauten venezianischen Palastes in Rom bei einem Umbau im Jahre 1857 gefunden worden. Sie weisen teils eine Ansicht dieses Palastes, teils das Wappen des Papstes auf nebst der Schrift: „has aedes condidit.“ Jede einzelne lag in einer kleinen rohen mit einer Spalte versehenen Tonkapsel; einige waren mit einer dünnen Wachsschicht überzogen, um sie gegen Feuchtigkeit zu schützen; jedoch hatte das Fett des Wachses stellenweis Oxyd erzeugt. Als man um die Mitte des 19. Jahrhunderts den Unterbau der Kirche Santa Croce in Florenz teilweis entfernte, um die neue Vorderwand zu erbauen, fand man in der Grundmauer des Turms, welchen Francesco da Sangallo entworfen und begonnen hat, einige Exemplare seiner gegossenen Denkmünze. Diese, 92 mm im Durchmesser haltend, zeigt den Kopf des Künstlers linkshin mit einer turbanartigen Mütze und die Umschrift „Francesco Da Sangallo Scultore et Architetto Fioren.“ Am Abschnitt der Brust steht vertieft: „Facieba.“ Die Rückseite stellt den Turm dar mit den seitlichen Beischriften: „Faciebat“

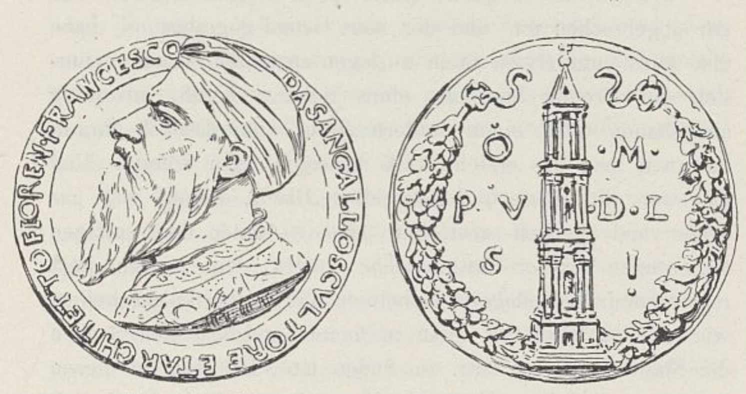


Abb. 15. Schaumünze des Francesco da Sangallo, in der Königl. Sammlung in Berlin befindlich.
(Nach Friedländer, Die italienischen Schaumünzen des 15. Jahrhunderts.)

und „A. MDXXXXX“, das ganze umgeben von einem Kranze. Die hier abgebildete, auf denselben Bau bezügliche Schaumünze (Abb. 15) hat nur 72 mm Durchmesser, zeigt aber die gleichen Darstellungen, bei etwas anderer Aufschrift der Rückseite: „OPVS MDL I(nceptum)“. Auch von Angelo Amadi, dem Stifter der Kirche Santa Maria dei miracoli in Venedig, wissen wir, daß er bei der durch den Patriarchen am 25. Februar 1481 vollzogenen Gründungsfeier mehrere Bronzedenkmünzen mit seinem Bild und Wappen in den Grund legte.

Eine schöne deutsche Medaille war zur Einlegung in den Grund der Nürnberger Burgmauern und zum Denkmal dieser Grundlegung im Jahre 1538 bestimmt. 74 mm im Durchmesser haltend, zeigt sie auf der Vorderseite das von der Kaiserkrone überragte Reichswappen und die beiden Nürnberger Stadtwappen, auf Kriegsgerät aufliegend. Darunter eine Kartusche mit der dreizeiligen Schrift:

FVNDAMENTVM
SALVTIS NOSTRAE
CHRISTVS
PF

Das vertieft gegossene Künstlerzeichen „PF“ deutet vermutlich auf Peter Floetner hin. Das ganze ist von einem schmalen Lorbeerkranze umrahmt. Die Rückseite zeigt in gleicher Umrahmung 17 Zeilen Schrift, welche in Latein die Veranlassung dieser Schaumünze, nämlich die Verbesserung der Festungswerke an der Burg in Nürnberg, schildern. Das Stück wurde in Gold, Silber und Blei von dem Goldschmiede Hans Maslitzer gegossen. Es hat auch der Denkmünze, „welche A. 1571 in den Grundstein des unvergleichlichen Altdorfischen Kollegiengebäudes gelegt worden ist“, und ebenso derjenigen, welche im Jahre 1597 auf den Neubau der Fleischbrücke in Nürnberg geprägt wurde, zum Vorbilde gedient.

Der Leipziger Baumeister und Bürgermeister Hieronymus Lotter war vom Kurfürsten August von Sachsen beauftragt, dessen Jagdschloß Augustusburg auf dem Schellenberg, drei Stunden östlich von Chemnitz am Einfluß der Flöha in die Zschopau, an Stelle eines älteren durch Blitzschlag zerstörten Schlößchens neu zu erbauen. Er berichtet seinem Auftraggeber auch über die Grundsteinlegung. Er habe, schreibt er am 30. März 1568, „aus guettem bedenckenn, Ungeachtet das es heint diese Nacht sehr gefrohren Im Nahmen des Allmechtigen aus belerung etzlicher gelartten der Astronomiae befundenn Das heutte Dienstag denn 30. dis Monats zum Anfange eines neuenn Gebeudes ein gelügselliger Tag sein solle,“ und so habe er denn diesen Mittag „gahr ein wenig vor Zwölf Uhren In gegenwertigkeitt etlicher gutthertzigen Personenn Die ich achte Das sie den Baw treulichenn fordernn werdenn mitt erinnerung Gott Zubitten Das solcher Baw zw seinem Gottlichenn lobe, Ehren, friede, vnndt allem guetten Angefangenn wolerbauet, vnndt verbracht moge werdenn, Denn erstenn stein In grundtt gelegtt, Vnndt habe nach meiner einfaltt eine gedechtnusschrift gestellett, deren E. Churf. G. Ich hiermitt Inn Vnderthenigkeit eine Copia zuschicke, Undtt E. Churfurstlich G. guldenne Muntze, wie die nach der eroberung Gotta geschlagen, darinne geschlossenn, In Kupfer verwahrett, vndt mitte vormauernn lassenn, Vnndt ich habe niemandts dauon nichts vertrauett.“ Die Kopie der hier erwähnten Urkunde ist noch erhalten.

Bis in das achtzehnte Jahrhundert hat bei den Völkern europäischer Gesittung die Gewohnheit bestanden, den zur Gründung geeigneten Tag durch Sternbeobachtung zu bestimmen. Von der Hand des Astronomen Flamstead († 1719) rührt das für die Grundsteinlegung der Sternwarte in Greenwich gestellte Horoskop her, welches noch dort aufbewahrt wird.

Unter mächtigen irdischen Schutz stellte sich der Neugründer der Burg Hohenzollern. Auf dem hochragenden Berge im Schwabenlande, welcher noch heute die mehrfach erneuerte Stammburg unseres Herrschergeschlechts trägt, stand wohl schon vor Mitte des 11. Jahrhunderts ein festes Schloß, in dem zu Anfang des 15. Jahrhunderts Friedrich, der Öttinger zubenannt, hausete. Der streitbare Herr war vielfach mit den umliegenden Städten in Fehde begriffen. Nachdem er seinen Gegnern häufig Abbruch getan, ward auf einem schwäbischen Städtetage der Krieg gegen den Störenfried beschlossen. Seine Lage verschlimmerte sich, als Kaiser Sigismund allen Fürsten und Edeln des Reiches verbot, den Grafen gegen die Reichsstädte zu unterstützen. Seine Burg ward von den Städtern umschlossen und nach zehnmonatiger Belagerung am 25. Mai 1423 erobert und zerstört. Eine flatternde Fahne, gelb mit dem schwarzen Reichsadler, in den Trümmern aufgesteckt, verkündete, daß die Reichsstädte des Platzes der Zollernfeste Herr geworden seien. Auch erließ der Kaiser ein Gebot, daß das Schloß

Zollern auf dem Berge bis in ewige Zeiten niemals wieder gebaut, gebessert oder aufgerichtet werden, sondern als gebrochenes Raubschloß fortan dem Reiche gehören solle. Nachdem Friedrich verstorben war, trug sein Neffe Jost Niklas sich mit dem Gedanken, die Burg seiner Ahnen wieder zu errichten, und fand Unterstützung bei Herzog Albrecht von Österreich und seinem Stammvetter Albrecht Achilles von Brandenburg. Auf Betrieb des letzteren hob Kaiser Friedrich III. 1453 das strenge Verbot Sigismunds auf und gestattete dem Grafen Jost Niklas zu Zollern, den Berg Zollern, das Burgstall und den Stock darauf, wann und zu welcher Zeit er wolle, nach seinem Bedarf ungefährdet wieder aufzubauen. Damals stand gerade der Herzog Albrecht von Österreich mit einem starken Heere gegen die schwäbischen Reichsstädte im Felde. In seiner Gegenwart legte man am 25. Mai 1454, an demselben Tage, wo vor einunddreißig Jahren die alte Burg gesunken war, den Grundstein zu der neuen. Markgraf Albrecht von Brandenburg soll selber auf seinen Schultern den schweren Stein auf die Höhe des Berges getragen haben. Der Stein wurde von den anwesenden Fürsten mit silbernem Hammer und silberner Kelle und Mörtel aus silberner Mulde befestigt. Um den Grafen Jost Niklas aber steckten Herzog Albrecht, der Markgraf Albrecht und der Markgraf von Baden ihre Banner in die Erde, zum Zeichen, daß die Zollernburg und ihre Gebieter unter ihrem Schutze ständen. Widerwillig sahen die schwäbischen Städte auf den von so mächtigen Freunden begünstigten Neubau. Noch im siebzehnten Jahrhundert sollen sich jene silbernen Geräte, mit den Wappen der genannten Herren geschmückt, auf dem Schlosse Hohenzollern vorgefunden haben.

Ein friedlicheres Bild bieten die Erzählungen des Elias Holl, Stadtbaumeister von Augsburg. Er berichtet in seiner eigenen Lebensbeschreibung:

„(1609) Den 21. Martii war ich von Ihro Churfürstl. Durchlaucht Herrn Conrad von Gemmingen Bischofen von meinen Herrn begehrt und beschrieben worden wegen eines Schloßbaues bey Eichstätt auf dem Felsen St. Wildboldsberg." Die Örtlichkeit ward besichtigt und das Bauprogramm aufgestellt. Es heißt dann weiter:

„Den 16ten May hernach war ich wieder berufen und mit einer Visierung nach Eichstädt, wie das Schloß von außen ein Ansehen haben sollte. Das gefiel Ihro Fürstl. Gnaden sehr wohl, haben darauf den 14ten (?) dieß den ersten Stein an diesen Bau gelegt an dem Eck-Thurn gegen dem Closter Marien-Stein unten im Thal an dem Wasser Altmühl gelegen. Da war der Felsen schön eben eingericht auf 30 Schuh in die Visierung und fein einwärts hangend gemacht, wie ich es angegeben habe. Hat den ersten Stein Ihro Churfürstl. Gnaden Selbst mit eigner Hand helfen legen, war ein groß Marmor-Stück 4 Schuh lang, $2\frac{1}{2}$ Schuh dick, in der Mitten ein rund Loch darinnen gehauen. Ihro Churfürstl. Gnaden hatten ihren ganzen Ornat an, kamen mit ihren fürnehmsten Herren Geistlichen und Weltlichen, es war ein Weg gemacht unten von Felsen, daß man füglich von dem Ort des ersten Steins kommen konnte, und war oben am Berg ein Gerüst gemacht, darauf stunden 6 Trabanten und 2 Heerpauker und zuvorderst auf dem Schloßberg gegen der Stadt stunden 18 Stück Geschütz. Als man den ersten Stein gelegt, ward in dessen eingehauen Loch von Ihro Fürstl. Gnaden goldene und silberne Münzen in ziemlicher Anzahl hinein gelegt samt einem zweifachen Glas mit rothen und weißen Wein, auch ein Bleizettul, darauf Ihro Fürstl. Gnaden Nahmen gestämpfelt waren, so dabey gewesen. Als man das verricht, ist ein großer Stein wiederum auf den ersten gelegt und alsdann die Heerpauken und Trompeten angegangen, daß es in dem Altmühl-Thal erhallet hat; dann sind die große Stücke alle mit einander dreymal losgebrannt worden, daß man vermeint, es werde der Berg zusammen einfallen. Hernach war ein stattlich Mahlzeit gehalten worden und auf Glück des neuen Baues mächtig getrunken, ist bey mir auch nicht gespart worden."

Elias Holl war selbst im Alter von drei Jahren (1576) von seinem Vater Johannes zur Grundsteinlegung der Klosterkirche zum Stern mit in die Baugrube genommen worden. Er tat später mit seinen Knaben desgleichen. Über den Rathausbau in Augsburg schreibt er:

„(1615) 25. August. Nachdem diß Theil am Rathhaus gar abgebrochen war und der neue Grund gegraben, — habe also alles zum ersten Stein zu legen zurichten lassen, nehmlich ein Credier-Steinlein eines Schuhes groß, inwendig ausgehauen und einen andern Stein zum Deckel darauf, darinnen man des ersten Steins Anzeigen legen könnte. Und das war ein silber und vergoldtes Blech, darauf war gar schön und zierlich gestochen, daß es unter dem jetzigen regierenden Kayser Mathia dem andern, von beeden jetzt regierenden Stadtpflegern, Geheimen und Bauherren geschehen, wie solches Blech zu lesen in meinen geschriebnen Sachen die Stadt Augspurg betr. zu finden ist. Das war in diesen Stein gethan. Bey diesem ersten gelegten Stein in Grund, da meine Herren noch im Grund dabey stunden und sie zuvor gelegt hatten, ließ ich meinen Sohn Elias auch hinab kommen in den Grund und ließ ihn eben auf die Stein, welche meine Herren zuvor gelegt hatten, einen andern Stein legen, darinn sein Nahm und sein Alter gehauen war. Solches gefiel meinen Herren wohl, haben ihm 12 ganze Augspurger Gulden darzu in seine Hosen verehrt. Und dieses geschah an einem Dienstag Morgens um 7 Uhr, ehe man in Rath gieng, d. d. 25. August Ao. 1615."

„Am 16ten May (1616) hat mein anderer Sohn Jeremias den ersten Stein mit Hülf seines Bruders Elias am Eysenberg am selben Eck gelegt. Auf diesem Stein war sein Nahm und Alter eingehauen samt der Jahrzahl."

Als das Schloß Ruthe bei Hildesheim i. J. 1891 durch Blitzschlag zerstört war, fanden sich beim Aufräumen der Trümmer im Grundstein sechs Glasplatten mit eingeritzten Inschriften, welche in schwülstigem Latein besagen, daß das Schloß zuerst 1300 erbaut, 1521 durch Kriegsbrand verwüstet, 1650 aus den Steinen einigermaßen wiederhergestellt und nunmehr durch Alter baufällig im Auftrage des Kurfürsten von Köln und Fürsten von Hildesheim, Klemens August, durch den Freiherrn von Asseburg in neuem Stil und mit erweitertem Grundriß neu aufgebaut sei. Der Grundstein wurde am 19. Juni 1751 durch Theresia, Freifrau von Asseburg, geborene Freiin von Lippe, Gemahlin des genannten Freiherrn gelegt, unter geistlicher Beihilfe des Pfarrers Holmann und unter Anleitung des Archi-

tekten Georg Höfer. Den Schluß der Urkunde bildet ein Eteostichon:

„Quae fuit hic olim pulsis nova Rutha ruinis
Surgit. Clementi fit gratia, gloria trinis.
MIranDa e VeterI qVae sVrgVnt teCta rVIna,
aeVI nVLLIVs frangat fVnesta rapIna (1751).
En domus ex tristi surgens quasi cinere phoenix
Construitur."

Das Bauopfer.

Wie neben den anerkannten Glaubenssätzen der Religionen der Aberglaube geheim und unausrottbar im Volke weiter besteht, so geht neben der rituellen Gründung, welche geschichtlich gesichert ist oder doch als durch die im Gewande der Geschichte auftretende Sage beglaubigt erscheint, die volkstümliche, oft in dichterischer Form sich darstellende Legende her, von blutigem Brauche meldend, der denn doch auch wieder als vor kurzem noch lebendige, ja selbst in der Neuzeit noch unerloschene Übung bestätigt wird. Vom Altertum sich herleitend, schließt sich die Kunde vom Bauopfer nicht eben häufig an überaus alte, oft sogar an noch recht junge Bauten. Zeitlich weit auseinandergehend und doch meist genauer Zeitbestimmung sich entziehend, sind unsere Beispiele nicht den vorgehenden geschichtlichen Darlegungen eingefügt worden. Es schien vielmehr angebracht, sie zusammengefaßt hier folgen zu lassen.

Der allgemein verbreiteten Sitte, Gegenstände aus Stein und Metall, Geld und Schaumünzen in den Grund zu versenken, der nicht seltenen, Wein und Speise zu vergraben, wurde bei Beschreibung geschichtlicher Grundsteinfeste öfter gedacht.

Als Überbleibsel des Brauches, Nahrungsmittel einzulegen, darf die Vermauerung leerer oder mit Asche gefüllter Töpfe gelten, welche in Norddeutschland öfter gefunden worden sind. Aus der Altmark besitzt das Museum in Stendal eine ganze Reihe solcher Haustöpfe von altertümlicher Form, auch mit dem Granatapfelmuster der Renaissance. Andere befinden sich in Gardelegen im Privatbesitz.

Bei geringeren Bauten wurden und werden noch heute hier und da lebende oder frisch geschlachtete Tiere eingemauert. In Litauen wird ein Hund, in Slavonien ein lebender Hahn oder eine Fledermaus, in Bulgarien ein Hahn oder ein Lamm, in Epirus ein Widder oder ein Ziegenbock unter dem Grundstein begraben. In den Dörfern um Antivari in Albanien wird ein Hahn geschlachtet und unter die erste Steinlage gelegt. Als der Statthalter von Elbassan in Albanien 1850 eine neue Brücke über den reißenden Arçen bauen ließ, wurden, um den Bau gegen die Gewalt des Stromes festzumachen, zwölf Schafe geschlachtet, und deren Köpfe unter die Pfeiler gelegt. Als Ersatz des Lebendigen gilt das Ei. Wir erinnern an das Ei im Castello dell' uovo in Neapel. Ein Ei fand sich im Gemäuer einer Kirche zu Iserlohn. In Banja an der Tavna in Bosnien fand man beim Umbau der im zwölften Jahrhundert gestifteten Klosterkirche unter der Schwelle in einer ausgesparten Höhlung außer dem Gerippe einer Henne ein unversehrtes Ei. Als man in Berlin im Januar 1877 bei einem Bau auf die Grundmauern des ehemaligen Kunstpfeiferhauses stieß, welches im 16. Jahrhundert errichtet worden war, fand man darin neben dem Gerippe eines Hasen ein Hühnerei, beides jetzt im märkischen Museum.

Recht deutlich erzählt eine Sage aus Serbien, wie der Geist des Bauplatzes, der Erdenherr, um seinen Boden unter Forderung größerer und kleinerer Opfer feilscht. Ein Bauer hatte das Kind eines Flußgeistes durch Zuruf vor einem heranschleichenden Wolfe gerettet. Zum Dank dafür übermittelte ihm der Flußgeist, welcher in Gestalt eines weißbärtigen Greises erschien, eine heilbringende Baustelle. Auf dem Besitztum des Mannes schlug der Alte mit einem goldenen Stab auf die Erde und sprach: „Grundherr, welchen Preis forderst du, wenn ich hier ein Haus erbaue?" Antwortete ihm eine Stimme aus der Erde: „Alles, was im Hause Leben hat." — „So viel gebe ich nicht", sprach der Alte und schlug an einer anderen Stelle mit der gleichen Frage auf. Die Stimme forderte „den Hausherrn und die Hausfrau"; bei weiteren Versuchen: „die Henne und das Küchlein"; ferner: „Ein Häuptchen Knoblauch." Beim Aufklopfen an einer fünften Stelle lautet die unterirdische Antwort: „Ich fordere dir gar nichts. Ja, ich will dir noch jahraus jahrein von jeder Gattung Haustieren ein Stück Zuwachs geben, wenn du hier ein Haus erbauest." Da sprach der Weißbart zu dem Retter seines Kindes: „Hier führ' ein Haus auf". Der versprochene Segen traf ein und bewies, daß die Stätte eine glückliche war.

Eine Überleitung zum Menschenopfer bildet der Aberglaube, welcher bei den für Grundsteinmärchen so überaus ergiebigen Südslaven gängig ist und namentlich aus dem modernen Griechenland, Mazedonien und Bulgarien gemeldet wird: man müsse es vermeiden, sich einem in der Gründung begriffenen Bau zu nähern; die Maurer seien dann schnell bei der Hand, den Schatten des Hinzutretenden einzumauern, und der Unvorsichtige müsse binnen Jahresfrist sterben. Bei der Grundsteinlegung einer Brücke in Mazedonien wurde durch das Los aus ihren Gefährtinnen ein Mädchen bestimmt, das sich gegen die Sonne stellen mußte, während die Bauleute ihren Schatten einmauerten. Der Schriftsteller Karanow, welcher dies erzählt, gedenkt eines Volksliedes: „Dülga Neda sjenka njema", „Lange Neda ohne Schatten."

Der Beginn geordneten Zusammenlebens wird nach der biblischen Überlieferung durch den Brudermord Kains bezeichnet, des ersten Städtegründers.

Als Jehoschua bei der Eroberung Kanaans die Stadt Jericho vernichtet hatte, ließ er folgendes beschwören: „Verflucht sei der Mann vor dem Ewigen, der auftritt und bauet diese Stadt Jericho. Mit seinem Erstgeborenen leg' er ihren Grund und mit seinem Jüngsten stell' er ihr Türen!" (Jos. 6, V. 25.) Wahrscheinlich überließ man es Jahwe, sich sein Opfer selbst hinwegzuraffen. Im Buche der Könige I, 16, V. 34 heißt es: „Zur Zeit Achabs, des Sohnes Omris, Königs über Jisraël (nach 920 v. Chr.), baute Chiel, aus Bet El, Jericho; mit Obiram, seinem Erstgeborenen, legte er ihren Grund und mit Segub, seinem Jüngsten, stellte er ihre Türen, nach dem Worte des Ewigen, das er geredet durch Jehoschua, den Sohn Nun." Pomponius Mela (I, 7) erzählt von den Altären der Philäner, deren Stelle im südlichsten Hafenort der großen Syrte zu suchen ist: „Die Karthager und Cyrenaiker hatten bereits lange über ihre Grenzen Krieg geführt, auch das Abkommen, wonach die Scheide dort sein sollte, wo die gleichzeitig beiderseits abgesandten Läufer zusammenträfen, nicht inne gehalten. Die Gebrüder Philaenus,

setzten es, von Karthago beauftragt, durch, daß die Grenze von neuem festgelegt wurde, und ließen sich alsdann dort lebendig begraben.“ Wahrscheinlich ward ihnen, als grenzschützenden Heroen auf den nach ihnen benannten Altären von beiden beteiligten Nationen geopfert. Über die Tötung des Remus bei Gründung der Mauern Roms, über das auf dem Capitolium gefundene blutige Menschenhaupt ist an seinem Orte gesprochen worden.

In Schottland herrscht der Glaube, daß die Picten, welchen dort Bauten vorgeschichtlicher Zeit zugeschrieben werden, deren Grundsteine in Menschenblut gebadet hätten. Nennius (IX. Jahrhundert) erzählt in der Historia Britonum, daß König Vortegirn (um 480 n. Chr.), welcher die Sachsen in Britannien aufgenommen hatte, aus begründeter Furcht vor den Ankömmlingen sich einen stark befestigten Wohnplatz auf dem Berge Erir sichern wollte. Seine Wahrsager verkündigten ihm: „Wenn du die Burg nicht mit dem Blute eines vaterlosen Knaben besprengst, wird sie niemals für die Ewigkeit stehen.“ Der König verzichtete auf den Bau, als der aufgefundene Knabe, Ambrosius, ihm entdeckte, daß der Boden des geplanten Herrschersitzes von zwei Drachen, Sinnbildern des britischen und des sächsischen Volkes, unterwühlt werde.

In der Cornouaille, dem südlichen Teil der Bretagne, gilt die Brücke von Rosporden für überaus fest. Ihre Vorgängerinnen waren immer nach kurzem Bestehen vom Wasser fortgerissen worden, so daß man endlich an bösen Zauber glaubte. Da gab eine mit geheimnisvollem Wissen vertraute auswärtige Frau den Rat, in eine ausgesparte Nische der Grundmauern einen kleinen Knaben lebend einzuschließen. Gegen eine reichliche Geldspende ließ sich eine entartete Mutter bereit finden, ihr Kind herzugeben. Unter großer Feierlichkeit ward das unschuldige Geschöpf eingemauert, nackt, in der einen Hand eine geweihte Kerze, in der anderen ein Stück Brot. Die Brücke ward danach ohne Zwischenfall beendet und widersteht seit Hunderten von Jahren dem Anprall der Wogen. Aber wie oft hat man in düsterer Nacht das unglückliche Kind nach seiner Mutter schreien hören! Wie am Tage seiner Opferung wiederholt es unaufhörlich den Ruf:

„Mutter, meine Kerze ist erloschen,
Und vom Brote blieb mir nicht ein Krümchen!“

In den Wall von Kopenhagen mauerte man ein kleines Mädchen ein. Man setzte es an einen Tisch auf einen Stuhl und gab ihm Spielzeug und Speisen. Während es vergnügt spielte und aß, schlossen zwölf Meister eine Wölbung über ihm und warfen unter schallender Musik den Wall auf, der seitdem unverrückt gestanden hat. Von mehreren deutschen Burgen gehen ähnliche Sagen. Um die Burg Liebenstein in Thüringen fest und uneinnehmbar zu machen, kaufte man ein Kind von seiner Mutter und mauerte es ein. Es aß einen Kuchen und rief, während die Mauer wuchs, der Mutter zu: „Ich sehe dich noch“, und etwas später: „Mutter, ich sehe dich noch ein wenig“, und als man den letzten Stein auflegte: „Mutter, ich sehe dich nicht mehr.“ Dem Pascha von Novi in Bosnien rissen die Wilen des Nachts wieder ein, was er Tags an seinem Burgbau aufführte. Endlich forderten sie von ihm, er solle aus dem Lateinergebiete ein weißes Lateinerkind rauben, einer Mutter einziges Kind, und es in den Wall mauern. Er tat so und brachte die Burg fertig. Unter einer besonders kühn aufgeführten Mauer des Schlosses Suram in Südgeorgien ist der einzige Sohn einer Witwe eingemauert. Das rührende Gespräch, das er bis zur völligen Einschließung mit seiner Mutter führte, ist in gleicher Form, wie in der deutschen Sage, in einem Volkslied erhalten. Eine Stelle der Mauer bleibt ewig naß von den einst vergossenen Tränen der Mutter. Als der Radschah Sala Byne das Fort von Sialkot im englischen Indien baute, stürzte die Grundlage der südöstlichen Bastion immer wieder ein, bis auf den Rat eines Wahrsagers das Blut des einzigen Sohnes einer Witwe dort vergossen ward.

Die den Hafen der Stadt Hiogo in Japan schützende angeblich künstliche Insel Toukijima war zweimal hergestellt und zweimal vom Meere wieder fortgerissen worden. Der Bauherr Kiyomori wandte sich an einen Gelehrten, welcher ihm verkündete: „Nur auf dreißig menschlichen Pfeilern errichtet, kann die Insel Bestand haben.“ Sofort erging der Befehl, auf den Landstraßen die erforderliche Anzahl von Opfern aufzugreifen, die ins Meer versenkt den dort ansässigen Drachen besänftigen sollten. Die Gefangenen aber und ihre Verwandten und Freunde erhoben so laut Einspruch gegen die geplante Maßregel, daß Kiyomori schließlich auf deren Durchführung verzichten mußte. Da erbot sich ein Jüngling, Matouwo Kotëi, freiwillig für die dreißig zu sterben, in der Hoffnung, daß der Drache durch dieses eine Opfer zufriedengestellt werde. Kiyomori ging darauf ein. Matouwo wurde in einen steinernen Sarg gelegt und in das Meer versenkt, worauf die Insel ohne weitere Störung aufgeschüttet werden konnte. So geschehen angeblich im Jahre 1161 n. Chr. Auch ein Bericht aus dem 17. Jahrhundert erwähnt des Glaubens der Japaner, daß eine auf dem Leichnam eines freiwillig sich opfernden Menschen errichtete Mauer gegen jeden Unfall geschützt sei.

Den Südslaven, wie es scheint, ausschließlich gehört die Sage von der eingemauerten Frau an. Drei fürstliche Brüder Helden der serbischen Volkssage, Paladine Duschans des Gewaltigen, welcher 1358 starb, nämlich der König Wukaschin, der Woiwode Uglescha und der junge Fürst Gojko, unternahmen es, die Feste Skadar (Skutari) zu erbauen. Schon drei Jahre lang bauten dreihundert Maurer unter dem Meister Rad, konnten aber nicht einmal den Grund festigen. Endlich eröffnete ihnen die Wila, ein gefürchtetes elbisches Wesen des Waldgebirges, sie würden nie den Bau vollenden, wenn sie nicht zwei leibliche Geschwister mit den auf festes Bestehen hindeutenden Namen Stojan und Stojana (Constans und Constantia) in den Grund mauerten. Da solche nicht gefunden werden, macht die Wila die Bedingung: diejenige von den Gemahlinnen der drei Brüder, welche am nächsten Morgen den Meistern die Mahlzeit bringe, solle in das Grundmauerwerk eingeschlossen werden. Die drei Brüder verpflichten sich durch Eidschwur, es dem Schicksal zu überlassen, welche der drei Frauen die erste auf der Baustelle sein werde. Trotzdem warnen die beiden ältesten Brüder ihre Gemahlinnen, und diese finden Vorwände, zu Hause zu bleiben. Nur Gojko verletzt seinen Eid nicht und sieht mit Schrecken sein junges Weib dem Bauplatze nahen. Er will sie noch im letzten Augenblick durch die Erinnerung

an die Pflege ihres Säuglings zurückscheuchen; aber schon ergreift man sie und häuft Steine und Bäume um sie. Zuerst hält sie es für einen Scherz. Als sie aber des Ernstes inne wird, fleht sie vergebens die Schwäger und den Gatten an, sie zu retten. Endlich bittet sie den Meister um Gottes Willen, Öffnungen vor ihrem Busen und vor ihren Augen in dem Wall zu lassen, damit sie noch ihren Säugling tränken, noch nach ihrem Hofe sehen könne. Noch jetzt wird jene Stelle der Mauer durch weißgefärbte Feuchtigkeit bezeichnet, deren Rückstand von Müttern, welchen es an Nahrung fehlt, abgeschabt und eingenommen wird. Sie glauben, so müsse ihnen die Muttermilch wiederkehren.

Eine ähnliche kürzere Legende betrifft die Burg Tesanj in Bosnien. In Rumänien hat in die Kathedrale von Curtea de Argesch (um 1300) der Meister Manole sein junges Weib Florica eingemauert. In Bulgarien gilt eine ähnliche Sage der Brücke des Strumaflusses zwischen Küstendil und Dubnica. Die Mostarer Bogenbrücke in der Herzegowina erbaut Meister Rade, nachdem er auf Befehl der Wila ein Liebespaar in die Grundfesten eingeschlossen.

Sind auch alle diese Berichte märchenhaft, so ist doch nicht zu bezweifeln, daß menschliche Bauopfer in Europa vorgekommen sind. Unter der Jahreszahl 1463 wird vermeldet, daß, als der zerbrochene Damm der Nogat wieder hergestellt werden sollte, ein Unbekannter anriet, einen lebenden Menschen dort in den Fluß zu werfen, worauf die Bauern einen Bettler betrunken machten und im Damm begruben. Aus Afrika, Hinterindien, Polynesien wird der grausame Brauch als erst vor kurzem erloschen oder noch bestehend vielfach erwähnt. Aus Guinea im mittleren Afrika wird berichtet, daß man früher vor dem Haupttore einer Ansiedlung einen Knaben und ein Mädchen lebendig begraben habe, um den Ort dadurch uneinnehmbar zu machen. Ein Bambarahäuptling hat ein ähnliches Opfer einst im großen Maßstabe ausführen lassen. Aus Groß-Bassam und Joruba werden gleichfalls menschliche Bauopfer gemeldet. Der Name Dahomé, „Bauch des Da", wird vom Könige Da von Abomé hergeleitet, welcher mit aufgeschnittenem Bauch durch Tacoonda, dem Gründer des Dahoméreiches, auf der Baustelle des neuen Palastes begraben wurde.

In Asien sind buddhistische Klöster Siams und Kambodjas auf Menschengebeine begründet.

Über Torgründungen in Bangkok in Siam schreibt Monseigneur Bruguière in den Annalen der Propaganda 1831—32, daß, wenn man ein neues Tor in den Wällen der Stadt neu anlegt oder ein altes erneuert, es für unumgänglich gehalten wird, drei Menschen zu opfern. Nachdem der König im geheimen mit seiner Umgebung Rat gepflogen, sendet er einen seiner Offiziere zu dem Tore, welches erneuert werden soll. Dieser sucht, indem er öfter laut den Namen nennt, welchen man dem Tore geben will, die Aufmerksamkeit der Vorübergehenden zu erregen. Sehen sich solche nach ihm um, so werden sie sofort bis zur Zahl von Dreien durch die Wachtmannschaft ergriffen. Den Gefangenen ist der Tod dann unwiderruflich sicher. Keine Bitte, kein Versprechen, kein Geschenk kann sie befreien. Man stellt im Innern des Tores eine Grube her, über welcher in gewisser Höhe an zwei Seilen ein ungeheurer Balken wagerecht aufgehängt wird. An dem für das Opfer bestimmten Tage gibt man den drei Unglücklichen zunächst ein reichliches Mahl. Dann führt man sie in feierlichem Zuge zur Todesgrube. Der König und sein ganzer Hof begrüßen sie. Der König insbesondere beauftragt sie, treue Wacht über das ihnen anvertraute Tor zu halten und zu warnen, wenn sich Feinde oder Aufrührer drohend nahen. Alsdann zerschneidet man die Seile, und die unglücklichen Opfer des Aberglaubens werden durch den herabstürzenden Balken zerschmettert. Die Siamesen glauben, daß die Seelen der Getöteten in jene Geister verwandelt werden, welche sie „Phi" nennen.

Die Stadt Mandalay in Birma, erst 1859 gegründet, bildet ein Geviert von $2\,^1/_2$ km Seite. An jedem Eckturm steht ein niedriger Kuppelstein, unter welchem, sowie unter den Toren, ferner auch unter dem Thron des abgesonderten königlichen Stadtteils, menschliche Schlachtopfer begraben sein sollen, damit ihre Geister den Ort schützen. Damals sollen besonders jüngere Leute bestimmten Namens, unter gewissen Sternenzeichen und an günstigen Tagen geboren, sich bedroht geglaubt haben. Die Furcht, welche sich des Volkes bemächtigt hatte, ist noch unvergessen. Niemand wagte auszugehen. Veranstaltete Schauspiele fürchtete man als böswilligen Hinterhalt. Der König, welcher solche Opfer gern vermieden hätte, soll nicht umhin gekonnt haben, dem Drängen seiner Ratgeber Folge zu leisten.

Auf den Südseeinseln setzt sich der Brauch in gleicher Anschauung fort. Die Milanau-Dajaks an der Redjangmündung auf Borneo gruben bei Erbauung ihres größten Hauses ein tiefes Loch für den ersten Pfosten, welcher darüber aufgehängt wurde. Dann wurde eine Sklavin in die Aushöhlung gebracht. Auf ein Zeichen wurden die Stricke des schweren Balkens zerschnitten, und dieser zerschmetterte herabstürzend das Mädchen. Beim Bau einer Häuptlingswohnung in Rewa, auf einer der Fidschi-Inseln, stieg, wie ein Augenzeuge, John Jackson, berichtet, in jedes der für die Grundpfosten bestimmten Löcher ein Sklave, der dann lebendig mit Erde überschüttet wurde, und auf dem man die Pfosten errichtete. Das Haus des Kriegsgottes Oro auf Huahine, einer der Gesellschaftsinseln, war auf zahlreichen Pfosten erbaut, die beim Aufrichten alle durch lebende Menschen getrieben waren. Auch in Polynesien herrscht die Vorstellung, daß die Geister der Geopferten immerdar das Haus aufrecht erhalten werden.

Daß derartige Opfer auch dort, wo sie längst nicht mehr üblich sind, doch vom Volke noch für möglich gehalten werden, beweisen jene seltsamen panischen Schrecken, die gelegentlich immer wieder auftreten. Noch im Jahre 1843, als bei Halle eine neue Brücke gebaut werden sollte, verbreitete sich das Gerücht, daß dazu ein Kind in das Fundament gemauert werden müsse. Als in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Brod an der Save eine Weberschule für Bauernmädchen errichtet wurde, sprengten einige Feinde des Unternehmens aus, man hätte die zwölf Mädchen, welche dort Aufnahme gefunden hatten, lediglich nur nach Brod gelockt, um sie an das kaiserliche Aerar nach Bosnien zu verkaufen, wo sie in die neuen Fortifikationen gemauert werden sollten. Es kostete nicht geringe Überredung, bis man die in ihr Elternheim geflüchteten Mädchen wieder zurückbekam. Im Jahre 1893 wurde von der Times of India aus Laksham in Tipperah (Bengalen) die Nachricht

gebracht, daß dort ein panischer Schrecken die Bevölkerung ergriffen habe, weil man glaube, daß zum Bau einer Eisenbahnbrücke über den Fennyfluß die Köpfe von hundert Kindern als Opfer verlangt würden. In China richtet sich der gleiche Aberglaube gegen die fremdländischen Eisenbahningenieure. Das Volk ist dort fest davon überzeugt, daß zu jedem Bahnbau Menschenopfer erforderlich seien.

Die Neuzeit.

Die katholische Kirche hält seit Jahrhunderten den Grundsteinbrauch fest, wie ihn das Pontificale romanum vorschreibt. Ort und Baustelle des Gotteshauses wird durch den Bischof bezeichnet, nachdem die zur würdigen Durchführung des Dienstes und zur Erhaltung des Bauwerks erforderlichen Mittel gesichert sind. Ein Kreuz aus Holz wird am Tage vor der Grundsteinlegung an Stelle des künftigen Altars befestigt. Der Bischof, angetan über dem Rochetum oder dem Superpelliceum mit Amictus, Alba, Cingulum, Stola und weißem Pluviale, eine einfache Mitra auf dem Haupte, den Hirtenstab in der Linken, segnet zunächst Salz und Wasser und vermischt es. Dann besprengt er den Platz: wo das Kreuz steht, während der Chor die Antiphon singt, „Stelle auf das Zeichen der Erlösung, Herr Jesu Christe, an dieser Stätte und laß nicht zu, daß hereintrete der Engel der Zerstörung." Darauf der Psalm 84: „Wie lieblich sind deine Wohnungen, usw." und Gebet. Der Bischof segnet den Grundstein unter dem Wechselgesang, welcher die Stellen enthält: „Der Stein, den die Bauleute verworfen, dieser ist zum Eckstein geworden" und „Du bist Petrus usw." Gebet mit Bezug auf Christus als Eckstein und Grundstein. Der Bischof besprengt den Grundstein, welcher viereckig und winkelrecht sein soll, ritzt mit einem Messer dreimal das Zeichen des Kreuzes auf den Stein im Namen des Vaters, des Sohnes und des heiligen Geistes. Nach abermaligem Gebet werden die gewöhnlichen Litaneien gesprochen, und nach fernerem Gebet wird der Mörtel bereitet. Wechselgesang: „Da Jakob frühe aufstand —", Psalm 127: „Wo der Herr das Haus nicht bauet —." Der Bischof berührt und legt selbst den Grundstein im Namen der Dreieinigkeit. Nachdem der Baumeister den Stein mit Mörtel gefestigt, sprengt der Bischof Weihwasser darüber und umgeht sprengend in drei Absätzen die Grundmauern, wenn sie begonnen sind, oder die Fluchten des Gebäudes, wenn sie erst abgesteckt sind. Hierzu wieder Wechselgesänge, Psalmen, Gebete, namentlich Psalm 87: „Sie ist festgegründet auf den heiligen Bergen" und Psalm 122: „Es müsse Friede sein in deinen Mauern usw." Der Bischof kehrt zum Grundstein zurück; Gebet: „Gott, der du aus aller Heiligen Gemeinschaft gründest die ewige Wohnung deiner Majestät, gib deinem Hause himmlisches Gedeihen, auf daß, was nach deinem Befehl gegründet wird, unter deinem Segen vollendet werde, durch Christum unsern Herrn", Hymnus: „Veni, Creator Spiritus." Schlußgebet: „Es steige herab, wir bitten dich, Herr, unser Gott, dein heiliger Geist auf dies im Bau begriffene Haus. Er heilige darin unsere und deines Volkes Gaben und reinige die Herzen durch Christum, unseren Herrn usw." Segnung des Volks, Ablaßerteilung, heilige Messe.

Der Brauch der Gründungsfeier nichtkirchlicher Gebäude scheint in der Neuzeit gegen früher an Verbreitung noch zugenommen zu haben. Die Völker Europas, welche den Erdball mit den Netzen ihrer Handelsverbindungen und Niederlassungen umspannen, insbesondere die das Übliche gern bewahrenden Angelsachsen, haben die Gewohnheit der festlichen Grundsteinlegung überall hingetragen. Die gebildete Gesellschaft hat dabei allen Aberglauben abgelegt, diejenigen Teile des Verfahrens, welche aus abergläubischen Beweggründen hervorgegangen sind, verstandesgemäß umgedeutet und übt namentlich die vorbildliche Mitarbeit mit Nachdruck aus, nicht ohne die Dreiheit in Werk und Spruch, wahrscheinlich infolge christlicher Anregung, besonders zu betonen.

Die Anordnung der Einzelheiten einer profanen Grundsteinlegung steht im Belieben des Veranstalters. Der rechte Ort und die rechte Zeit werden nach irdischen Erwägungen bestimmt. Die Ausschmückung des Platzes, die Lage des Steins stehen völlig frei. Der Stein erhält eine Höhlung für die Einlagen, deren fromme Bedeutung so vollständig vergessen ist, daß man sie ausdrücklich nur der Nachwelt geweiht denkt, selbst beigegebenen Wein und Getreidekörner. So wurde bei Gründung des Niederwalddenkmals am 16. September 1877 die auf Pergament schön geschriebene, vom Kaiser und den übrigen erlauchten Anwesenden unterzeichnete Urkunde in einen Bleikasten gelegt und in den Grundstein versenkt; dazu die größeren deutschen Zeitungen in je einer Nummer, Exemplare der in der Nähe erscheinenden Blätter, sonstige Drucksachen und Zeichnungen, die das Denkmal betrafen; ferner Stücke aller Münzen, welche in Markwährung geprägt werden, und je eine Flasche Rüdesheimer und Aßmannshäuser. Getreidekörner und Wein wurden am 18. Mai 1893 in den Grundstein des Rathauses in Pforzheim gelegt. Auch Schaumünzen feiern noch oft das Ereignis, werden in den Grund gelegt und an die Festgenossen verteilt. Der künstlerischen Ausgestaltung der Gründungswerkzeuge widmet man oft besondere Sorgfalt. So benutzte Nikolaus II. zur Legung des ersten Steins der Brücke Alexanders des Dritten in Paris eine Kelle und einen Hammer (Abb. 17 bis 19), welche ihm danach als Andenken verehrt wurden. Die Werkzeuge waren von dem Goldschmied Falize hergestellt. Die Kelle, ganz aus feinem Golde, wiegt 750 Gramm. Die Fläche derselben, $12^1/_2$ cm lang auf 6 und 10 cm Breite, nennt in Lapidarschrift das Datum der Feierlichkeit und die Namen der hohen Teilnehmer. Der Griff zeigt das Wappenbild der Stadt Paris, das Schiff, darüber den Spruch: „Fluctuat nec mergitur"; ferner einen Olivenzweig und darunter den Flußnamen Sequana. Der stählerne Hammer (Abb. 17 u. 18) trägt in Gold die Worte Pax und Robur und auf seinem elfenbeinernen Griff, der 31 cm lang ist, die Zeichen R. F. (République Française) und das Monogramm N. (Nicolas), durchflochten von Eichen- und Ölzweigen. Ein ganz ähnlicher Hammer, auf welchem der Buchstabe F. den Anfangsbuchstaben des Selbstherrschers ersetzt, wurde für den Präsidenten Felix Faure angefertigt. Der Federhalter, dessen sich der Kaiser und der Präsident zur Unterzeichnung des Protokolls der feierlichen Handlung bedienten, stellt aus grünem Golde einen 27 cm langen Rohrstengel der Seine dar. Er führt die Daten 1896—1900 und das Bild beharrlicher Arbeit, eine Ameise. Das Kästchen, welches die Urkunde aufnahm und danach in die Höhlung des Grundsteins eingeschlossen wurde, war glatt

aus Nußbaumholz gearbeitet, mit Stahl beschlagen und ausgekleidet (Abb. 16). Auf einem Schildchen an der Vorderseite las man die Inschrift: „Pont Alexandre III, 7. Octobre 1896“.

Die vorbildliche Arbeit besteht, nachdem der steinerne Deckel auf die Höhlung des Grundsteins gelegt ist, in dem Verstreichen der Fuge zwischen Deckel und Stein und der Festigung des Deckels mittels dreier Hammerschläge. Die Führung der Schläge begleitet man mit einem Spruch. Nach alter Überlieferung der Steinmetzen sollen die Hammerschläge im Dreieck auf den Stein fallen: zuerst auf die dem Schlagenden abgewandte Spitze, dann auf die linke, zuletzt auf die rechte Seite des Dreiecks. Man dachte dabei an die Dreieinigkeit oder an „Weisheit, Schönheit, Stärke.“ Nichts hindert jedoch, die Handlung mit Anrufung irgend einer andern Dreiheit zu begleiten. So führte Kaiser Wilhelm I. die Hammerschläge auf den Grundstein des Niederwalddenkmals mit den Worten:



Abb. 16. Urkundenkästchen.

Abb. 17.

Abb. 18.

„Den Gefallenen zum Andenken,
Den Lebenden zur Anerkennung,
Den Nachkommenden zur Aneiferung“,

demselben Spruch, den sein Vater bei Gründung des Kriegerdenkmals auf dem Kreuzberge bei Berlin gesprochen hatte.

Bemerkenswert durch die immer wiederkehrende Betonung der Dreiheit ist die Grundsteinlegung zum Reichstagsbau in Berlin, welche in der Mittagstunde des 9. Juni 1884 vor sich ging:

Der Grundstein hatte seinen Platz in der kurzen Hauptachse des Hauses unter dem Hauptzugange zum großen Sitzungssaale. Hier war er als ein freistehender weißschimmernder Steinkörper auf der Sohle der Baugrube aufgestellt. In derselben Achse auf der Ostseite stand der kaiserliche Pavillon, ein in Achteckform vorspringender offener Bau, mit einem purpurnen Zeltdach bedeckt, das von einer goldenen Kaiserkrone zusammengehalten wurde. Die Enden des Purpurbehangs waren mit goldenen Reichsadlern geziert, die Zeltstangen mit Gewinden von Lorbeerblättern umrankt und mit Silberschilden, die den Namenszug des Kaisers tragen, behängt. Hinter dem Zelt erhob sich der Mast, an welchem bei dem Eintritt des Kaisers die kaiserliche Standarte aufgezogen wurde. In mächtigem Halbkreis dehnten sich rechts und links die Tribünen für die Festteilnehmer, behängt mit roten Stoffen, nach außen hin eingerahmt durch hohe Masten, die mit Laubgehängen verbunden, mit Fahnen und Trophäen geschmückt waren. Hinter dem Grundstein nach Westen zu war eine Kanzel aufgerichtet und hinter dieser ein Podium für die Sänger des Domchors und die Musik, flankiert von den Podien für die Mitglieder des Reichstages.

Nachdem der Kaiser Wilhelm I. unter den Fanfarenklängen des Fürstengrußes erschienen war, verlas der Reichskanzler Fürst Bismarck die Stiftungsurkunde. Diese wurde, sowie andere für die Nachwelt bestimmte Schriftstücke, als: der Allerhöchste Erlaß an das deutsche Volk, gegeben im Hauptquartier Versailles den 17. Januar 1871, betreffend die Erneuerung der deutschen Kaiserwürde; die Verfassung des deutschen Reiches; das Handbuch für das deutsche Reich auf das Jahr 1884; die Baugeschichte des Reichstagsgebäudes; Pläne der Stadt Berlin und ihres Weichbildes; ferner ein vollständiger Satz der Reichsmünzen, zusammengestellt aus Prägungen aller deutschen Münzstätten, in eine Kapsel verschlossen und unter Musikbegleitung in die Vertiefung des Steines gesenkt.

Der Kaiser und seine Umgebung traten alsdann an den Grundstein, wo der bayerische Bundesbevollmächtigte die Kelle mit einer glückwünschenden Ansprache überreichte. Der Kaiser verstrich den Mörtel um die Höhlung des Grundsteins, und die Schlußplatte wurde aufgepaßt. Der Präsident des Reichstags überreichte den Hammer mit dem Wunsche: „Das Haus erstehe und dauere, eine Stätte der Eintracht, der Weisheit, der Mäßigung zu des Volkes Wohl, zu des Reiches Hort, zu der alten Kaiserkrone neuem Glanz! Rede und Rat gehen von ihm aus frei und treu, fromm und wahr, schlecht und recht!“ Der Kaiser ergriff den Hammer und führte die drei Schläge auf die Verschlußplatte mit den Worten:

„Im Namen Gottes, zum Gedeihen und zur Ehre des deutschen Vaterlandes.“

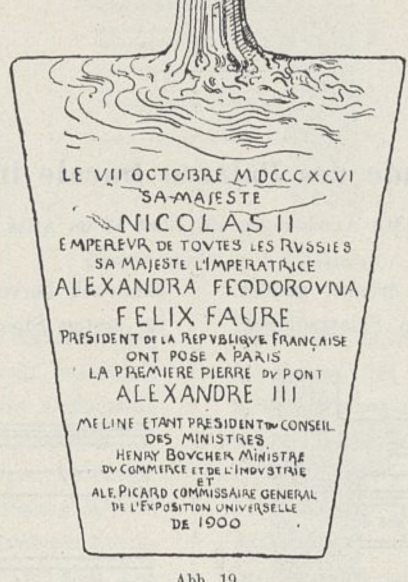


Abb. 19.

Abb. 17 bis 19. Werkzeuge zur Grundsteinlegung der Brücke Alexanders III. in Paris.
(Aus „Illustration“, 1896.)

Nacheinander traten der Kronprinz, der Prinz Wilhelm, Prinz Friedrich Karl, sowie die Prinzessinnen des königlichen Hauses heran, um ihre Schläge zu führen. Es folgten Fürst Bismarck, Graf Moltke, die Generäle, die Ritter des schwarzen Adlerordens, die Bevollmächtigten des Bundesrats, das Präsidium des Reichstages, die Minister, die Baukommission, die Baumeister. Inzwischen hatte die Musik eine militärische Weise gespielt, der ein Gesang des Domchors sich anschloß. Alsdann betrat Hofprediger D. Kögel die Kanzel und gab, den dreieinigen Gott anflehend, dem Bau drei Gottessprüche mit: „Gebt Gott, was Gottes ist, und gebt

dem Kaiser, was des Kaisers ist"; ferner: „Wie fein und lieblich ist es, wenn Brüder einträchtig beieinander wohnen"; endlich: „Die auf den Herrn harren, kriegen neue Kraft." Nachdem der Segen gesprochen, stimmte der Domchor den Choral an: „Nun danket alle Gott." Ein Hoch auf den Kaiser brachte der Reichstagspräsident aus. Der Gesang der Nationalhymne schloß die Feier.

Angabe der Quellen, soweit solche nicht im Text genannt sind.

Allgemeines: Laeken und Lebbeke: Otte, Kunstarchäologie — Palladium: Dionysius von Halicarnassus, I u. II.

Ägypter: Prof. Dr. Heinrich Brugsch, Die Ägyptologie, 1891, wonach auch die Jahreszahlen. — Derselbe, Aus dem Morgenlande, Altes und Neues. — Abusir: Mitteilungen der deutschen Orientgesellschaft, 1901 Nr. 10. — Dr. Johannes Dümichen, Baugeschichte des Denderahtempels, 1877. — Adolf Erman, Ägypten und ägyptisches Leben im Altertum, 1885. — W. M. Flinders Petrie, Ten years digging in Egypt, 1892.

Mesopotamische Semiten: M. Joachim Ménant: Babylone et la Chaldée, 1875, wonach auch die Jahreszahlen. — Perrot et Chipiez, Histoire de l'art dans l'antiquité, Tome II. 1884. — Dr. Franz Kaulen, Assyrien und Babylonien, 1899. — Mitteilungen der Orientgesellschaft, 1901 Nr. 10. — Dr. D. G. Lyon, Keilschrifttexte Sargons, 1883.

Israel: Dr. Zunz u. Gen., Die vierundzwanzig Bücher der heiligen Schrift nach dem masoretischen Texte, 1838. — Wellhausen: Geschichte Israels. — Bernhard Stade, Geschichte des Volkes Israel, 1888. — Bronzeplatte aus Palmyra: Perrot et Chipiez, h. d. l'art, Tome II. — Assarhaddon: Kaulen, Ass. u. Bab. — Grundsteinsagen der Rabbiner: Eisenmenger, Entdecktes Judentum, I, S. 160. — Theodor Husaeus, De lapide fundamenti. — Ancillon, Dissertation sur l'usage de mettre la première pierre, 1701.

Punier, Griechen, Italiker: Griechische Ansiedlerzüge: Pausanias. — Aeneas: Virgils Aeneïs, übers. v. Voß.

Römer: Die Falschmeldung des Romulus: Dionysius v. Halicarnassus. — Horoskop Roms: Plutarchus, Romulus. — Palilien: Ovidius, Fasti, IV, 721 u. f. — Etrusker: Karl Otfried Müller, Etrusker, wo genaue Quellenangaben. — Die palatinische Stadt: Baumeister, Denkm. des klassischen Altertums, 1889. — Lupercalien: Plutarchus, Romulus. — Capitolium: Dionysius v. Halicarnassus. — Antwort des Calenus: Plinius XXVIII. — Hochschätzung des Tempels: Marquardt, Römische Staatsverwaltung, 1878. — Germanicus: Tacitus, Ann., I, 60 bis 62. — Konstantinopel: Malalas und Zonaras.

Kirchliche Grundsteinlegungen des Mittelalters. Otte: Kunstarchäologie, wo die einzelnen Quellen genannt sind. — St. Denis: Historiae Francorum Scriptores, 1641. — Landric: Paradin, Mémoire sur l'histoire de Lyon. — Certosa: Luca Beltrami: La Certosa di Pavia, 1895. — St. Quirin in Neuß: Otte. — Montbrison: Albert Lenoir, Architecture monastique, 1852. — Ulm: Otte. — St. Moritz: Otte. — St. Kilian: Die Denkmalpflege, III Nr. 14. — Grands-Carmes u. Coelestiner: Lenoir.

Stadt- und Mauerngründung im Mittelalter. Virgilius: Pfeiffers Germania, 1859. — Forli: Jakob Burckhardt, Kultur der Renaissance in Italien, 1878.

Fünfzehntes bis achtzehntes Jahrhundert. Vita di Filippo Strozzi il Vecchio. Tip. della casa di correzione. Firenze, 1851. — Friedländer, Die ital. Schaumünzen des XV. Jahrhunderts, 1882. — Nürnberg: Trésor, choix de méd. exécutées en Allemagne. — Dr. Gustav Wustmann, Der leipziger Baumeister Hieronymus Lotter, 1875. — Hohenzollern: nach Stillfried, Besch. u. Gesch. d. Burg. — Dr. Chr. Meyer, Selbstbiographie des Elias Holl, 1873.

Das Bauopfer: Dr. Friedr. S. Krauß, Das Bauopfer bei den Südslaven, in Mitt. d. anthropolog. Gesellschaft in Wien, XVII 16—24. — Grimm, Deutsche Mythologie. — Mélusine, 1888—89. — Vortegirn: San Marte, Sagen von Merlin, 1853. — Rosporden: Mélusine 1888—89. — Kopenhagen: Grimm. — Liebenstein: Bechstein, Thüringer Sagen. — Suram: Aug. Freiherr v. Haxthausen, Transkaukasien, 1856. — Sialkot: Bastian, Der Mensch in der Geschichte, III, 107. — Japan: M. v. Brandt, in Kobé. — Japan: Pinkerton, Anf. d. Cultur. — Skadar: Talvj, Volkslieder der Serben, 1853. — Curtea de Argesch: Aus Carmen Sylvas Königreich. — Nogatdamm: Bastian. — Dahomé: Waitz, Anthropologie der Naturvölker. — Siam u. Kambodja: Bowring, Kingdom and people of Siam. — Bangkok: Mélusine, 1888—89. — Tavoy: Pinkerton. — Mandalay: Bastian, Birma. — Borneo: Tylman and Bennet. — Rewa: Bastian, Ethnogr. Parallelen. — Huahine: Wood, Natural History of Man.

Neuzeit: Pont Alexandre III: Illustration 1896.

Hoffassade des Palazzo Ducale in Lucca.

(Mit Abbildungen auf Blatt 43 im Atlas.)

Nach Bartolommeo Ammannatis Plänen erbaut, gehört der Palazzo Ducale in Lucca zu den größten Palastanlagen der Renaissance in der Toskana. Ebenso wie die östliche Straßenfassade dieses Palastes eine reichere Architektur als die anderen zeigt, verdient auch die Hoffassade dieses Teiles wegen ihrer architektonischen Ausbildung besondere Aufmerksamkeit. — Das Erdgeschoß des Hofes öffnet sich in weiten Bogenstellungen zwischen ionischen Pilastern. Der geschlossene Mittelbau mit der Durchfahrt, der an Motive Palladios erinnert, bildet eine in sich abgeschlossene Gruppe, die einen mächtigen Eindruck hervorruft. Über der Durchfahrt ist noch einmal im ersten Stockwerk eine Bogenstellung von kleineren Verhältnissen angeordnet, die einen vortrefflichen Übergang zu dem zweiten Stockwerk bildet und den Mittelbau wirkungsvoll belebt. Die beiden Risalite, welche den Mittelteil begrenzen, haben im Erdgeschoß flache Nischen und geben so den offenen Bogenstellungen einen festen Stützpunkt. Die Anlage von Fenstern über den Nischen lassen die Risalite in den oberen Geschossen leichter erscheinen. Bemerkenswert ist die architektonische Gliederung der Fassade, der jegliches Ornament

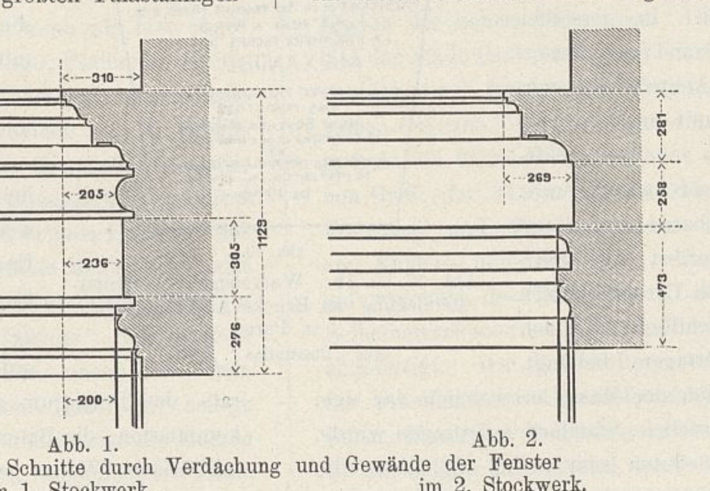


Abb. 1. Abb. 2.
Schnitte durch Verdachung und Gewände der Fenster
im 1. Stockwerk. im 2. Stockwerk.

fehlt und die nach oben abnimmt. Sind im ersten Stockwerk noch Pilasterstellungen mit Kompositkapitellen angeordnet, so werden im zweiten Stockwerk die Flächen nur durch wenig vorspringende glatte Lisenen geteilt, zwischen denen die mit einfachen Gliedern umrahmten Fenster liegen. Über den Lisenen sitzt das Hauptgesims (vgl. Text-Abb. 4) nur durch einen schmalen Streifen Sandstein von diesem getrennt, der

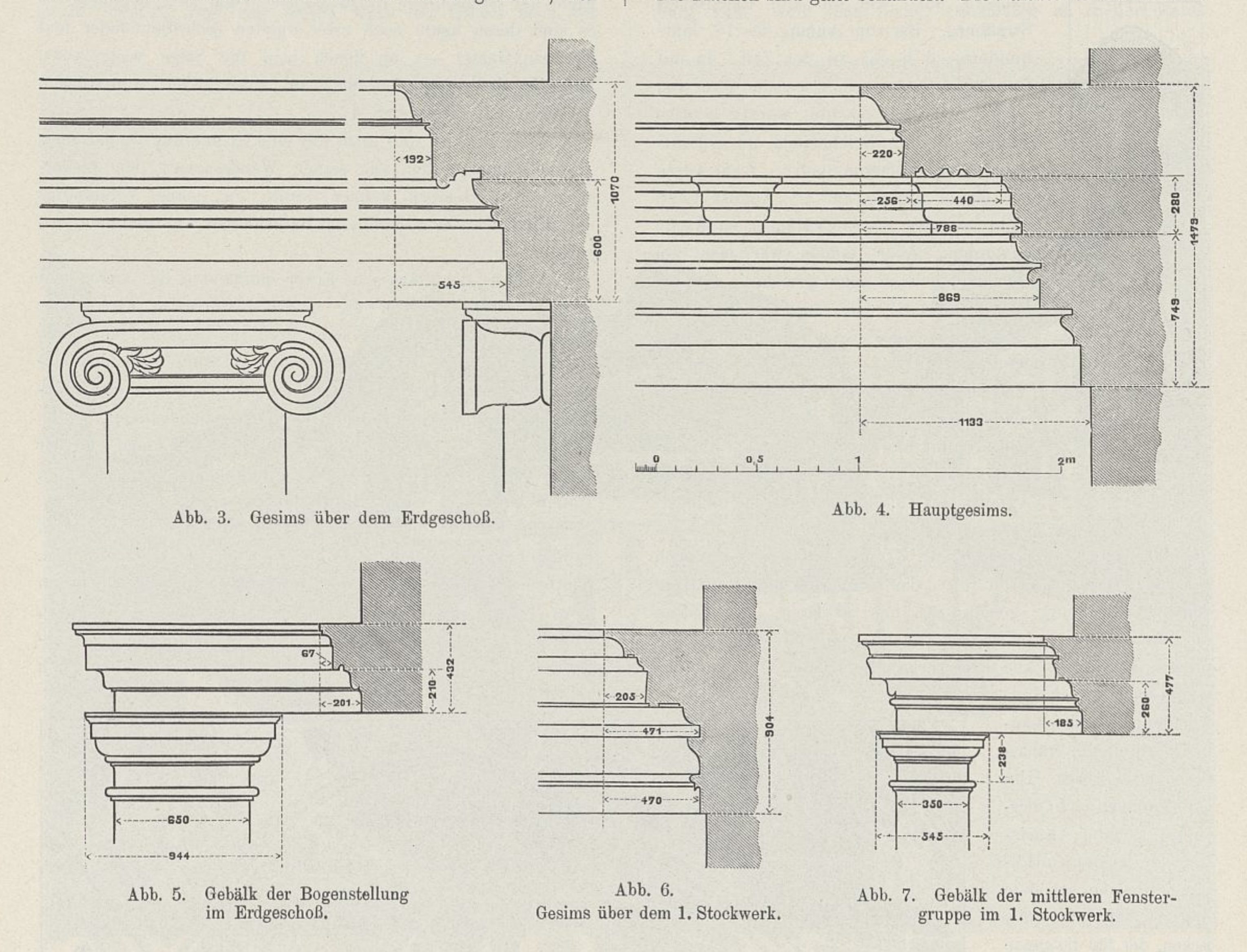


Abb. 3. Gesims über dem Erdgeschoß.

Abb. 4. Hauptgesims.

Abb. 5. Gebälk der Bogenstellung im Erdgeschoß.

Abb. 6. Gesims über dem 1. Stockwerk.

Abb. 7. Gebälk der mittleren Fenstergruppe im 1. Stockwerk.

Architrav und Fries ersetzen muß, aber gerade dadurch, daß das zweite Stockwerk so außerordentlich schlicht behandelt ist, wirkt das 1,48 m hohe und 1,13 m weite ausladende Hauptgesims mit seinen Konsolen und Kassetten außerordenlich günstig und gibt dem ganzen Bau einen wuchtigen Abschluß. Der monumentale Eindruck, der mit so bescheidenen Mitteln erreicht wird, wird unterstützt durch die bedeutenden Stockwerkshöhen. Bei einer Gesamthöhe von 25,75 m sind nur drei Geschosse vorhanden.

Die Baustoffe der Hoffassade sind Sandstein und glatter Putz. Das Erdgeschoß ist ganz aus Sandstein. Im ersten und zweiten Stockwerk sind nur die architektonischen Glieder aus diesem Stein. Im allgemeinen ist ein rötlich gelber Sandstein in ungleich großen Stücken ohne jeden durchgehenden Verband verwendet. Die Säulen, der mittlere Teil des Erdgeschosses, des ersten Stockwerkes und einige andere Architekturglieder sind dagegen aus einem bläulich grauen Sandstein. Die Flächen sind glatt behandelt. Die Baluster in den Fenstern des ersten Stockwerkes sind aus Marmor. Die Ausbildung der Fassade im einzelnen ist eigenartig und frei. Die Architekturglieder (vgl. Text-Abb. 1 bis 7) laden wenig aus und zeigen starke Unterschneidungen, wodurch die Wagerechte kräftig betont wird. Sie weisen darauf hin, daß diese Fassade im Gegensatz zu den anderen Hoffassaden, welche in Rustika-Architektur ausgeführt sind, später entstanden ist, im Anfang des 18. Jahrhunderts, und daß nicht, wie angenommen wird, Bartolommeo Ammannati, der 1511 bis 1592 lebte und ein Schüler Michelangelos war, ihr Schöpfer ist.

Berlin. C. Faerber, Reg.-Baumeister a. D.

Straßburger Holzbaukunst im 16. und 17. Jahrhundert.

(Mit Abbildungen auf Blatt 44 und 45 im Atlas.)



Abb. 1. Konsole. Nikolausstaden 20. Etwa 1669.

Keine der süddeutschen Städte weist noch heute eine derartige Menge von Holzhäusern auf, wie die alte Reichsstadt Straßburg. Bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts, d. h. bis zu der Zeit, da mit französischer Herrschaft welsche Sitte und Kunst sich breit machte, war die heutige Hauptstadt der Reichslande im wesentlichen eine „hölzerne Stadt“. Zwar waren bei einem Brande am 15. August 1298 nicht weniger wie 355 Häuser zu Asche geworden. Aber damals war man den Holzbau noch so sehr gewöhnt, daß die Häuser ebenso, wie sie vorher waren, d. h. als Fachwerke wieder aufgebaut wurden. Mit den Franzosen erst kam die Vorliebe für die steinerne Front, und mehr, als vorher der Brand, vernichtete sie die Holzarchitektur und diesmal auf immer. Was übrig blieb, mußte noch einmal am Anfange des 19. Jahrhunderts den tünchenden Einfluß des Klassizismus über sich ergehen lassen, und was auch dieser verschonte, es ist glücklicherweise noch ein ganz beachtenswerter Rest, das kann uns heute ein Bild von Alt-Straßburg geben und uns erklären, wieso man die Stadt dereinst im Liede als die „wunderschöne Stadt“ preisen konnte. — Die Fachwerke, die in Betracht kommen, waren nach dem in Südwestdeutschland ziemlich verbreiteten fränkischen Stile erbaut. Ihn kennzeichnen nach Oberbaurat Schäfer (Karlsruhe) die krummen Hölzer und seine schönste Zierde, der fränkische Erker, der für die ganze Fassade bestimmend ist. Seine Konstruktion, wohl von Schäfer zum ersten Male wieder untersucht und beschrieben, zeigt Text-Abb. 8. Eine andere Eigenart des fränkischen Stiles, ebenfalls aus der Abbildung ersichtlich, ist die sogenannte „Sosse“, d. i. das Bohlenstück, welches die Köpfe der Gebälke nach außen verdeckt und gegen Wind und Wetter schützt. Sie ist einfach oder reicher gegliedert. Ihr Profil ist gewöhnlich mit dem des Rahmens und der Schwelle zusammengezogen (Text-Abb. 9). Erst in ganz später Zeit und am Ende der Straßburger Holzbaukunst finden sich Beispiele — es sind deren heute noch zwei erhalten (Schiffleutstaden und Korduan-Gasse) —, an denen man die Sosse weggelassen und die Balkenköpfe einfach mit geschnitzten Brettstücken vernagelt hat (Text-Abb. 4).

Vielleicht ist dies auch nur eine Erinnerung irgend eines Zimmermannes, der auf seiner Wanderschaft den niedersächsischen Holzbau kennen lernte und ohne Verständnis den Eindruck der geschnitzten Balkenköpfe nachzuahmen versuchte.

Woraus der fränkische Erker entstanden ist, steht nicht fest. Vielleicht waren die beiden Bedürfnisse nach einer breiteren Fensterbank und einer breiteren Leibung, mit deren Befriedigung sich naturgemäß der tiefere Sturz verband, seine Ursache; vielleicht verdankt er auch sein Entstehen der Nachbildung der steinernen Fenster der Renaissancefassaden, deren Formen wir in ihm oft nachgeahmt finden, zumal da der Erker bei uns erst angewandt wurde, als die Renaissance in Italien bereits in voller Blüte stand.

Die Fassade des Hauses besteht aus einem steinernen Erdgeschoß, über dem sich die Fachwerkgeschosse erheben. Hierbei kragt gewöhnlich das unterste Fachwerkgeschoß um etwa 90 cm über. Das Maß dieses „Überhangs“ war genau festgelegt und an der Südseite des Münsters in Stein gehauen, wo es jeder lesen konnte. Daß man trotzdem sich



Abb. 2. Plan von Straßburg.
Die noch vorhandenen Holzhäuser sind schwarz eingetragen.

zu sehr gewagten Konstruktionen hinreißen ließ, zeigt ein Beispiel an der alten Metzig (vgl. Zentralblatt der Bauverw. Jahrgang 1889, S. 55), wo man bei einer späteren Erhöhung des Erdgeschosses sich nicht scheute, das aufliegende Stück eines vorkragenden Balkens beinahe völlig abzuschneiden, ohne dem vorkragenden Teil die Belastung zu nehmen (Text-Abb. 7). Der Dachfirst läuft gewöhnlich mit der Front parallel, und nur selten weist der Giebel nach der Beschauer von außen an (Text-Abb. 13 und Abb. 9 Bl. 44). Es war also nicht möglich, an die Fensterseite wie heutzutage Möbel oder dergleichen zu stellen, sondern die ganze Front wurde zur Befriedigung des bei den engen Straßen begreiflichen Bedürfnisses nach Licht ausgenutzt. Geschnitzte Fachwerke ohne Erker finden sich in Straßburg nicht. Wie und woher der fränkische Erker nach Straßburg kam, weiß man nicht; entstanden ist er dort kaum.

Abb. 3. Blick in das Pflanzbadgäßchen vom Schiffahrtskanal aus.

Straße. Ein besonders gutes Beispiel hierfür bildet der in Text-Abb. 3 gegebene Blick ins Pflanzbad, der zugleich einen Beweis des hohen malerischen Reizes des alten Stadtteiles gibt. Jedes Stockwerk für sich besteht nach der Straße zu aus einer Reihe von Fenstern, die unmittelbar an den Rahmen des Fachwerks anschließen, deren Sturz oft sogar den Fensterrahmen bildet. Die Fensterbank liegt ungefähr 1,0 bis 1,10 m über dem Fußboden, und nur in diesem Zwischenraum ist an der Fassade das Fachwerk sichtbar, das auch hier noch zuweilen mit Schnitzereien geziert ist, wie das Beispiel Abb. 5 Bl. 45 vom Schiffleutstaden zeigt. Der Raum zwischen den Fenstern entspricht der Stärke der Holzpfosten; nur dort, wo eine Teilungswand auf die Fassade stößt, zeigt dies ein breiterer Pfosten dem



Abb. 4. Schiffleutstaden 23. 1676.

Es wird mit ihm wohl gegangen sein, wie es noch heute geht: irgendwo sah ein Baukundiger die Zierde und brachte sie im Kopfe oder im Skizzenbuche mit. Vielleicht hat Wendel Dietterlin, der Vielgereiste, manch neues Motiv dazugebracht. Seine eigentliche Blüte stammt nach Winkelmann (Straßburg und seine Bauten) von Hans Schoch, dem Erbauer des Heidelberger Schlosses, und seinem Zeitgenossen, dem Straßburger Stadtschreiner Veit Eck. Schoch kam 1585 nach Straßburg. Ihm widmeten 1598 die beiden Schreiner Jakob Guckeisen und Hans Ebelmann ihr „Schweyfenbuch", in welchem sich eine Vorlagensammlung für die Schreinerkunst befand. Veit Eck veröffentlichte im Jahre 1596 mit Guckeisens Hilfe ein ähnliches Werk, in dem er seine Privatzeichnungen

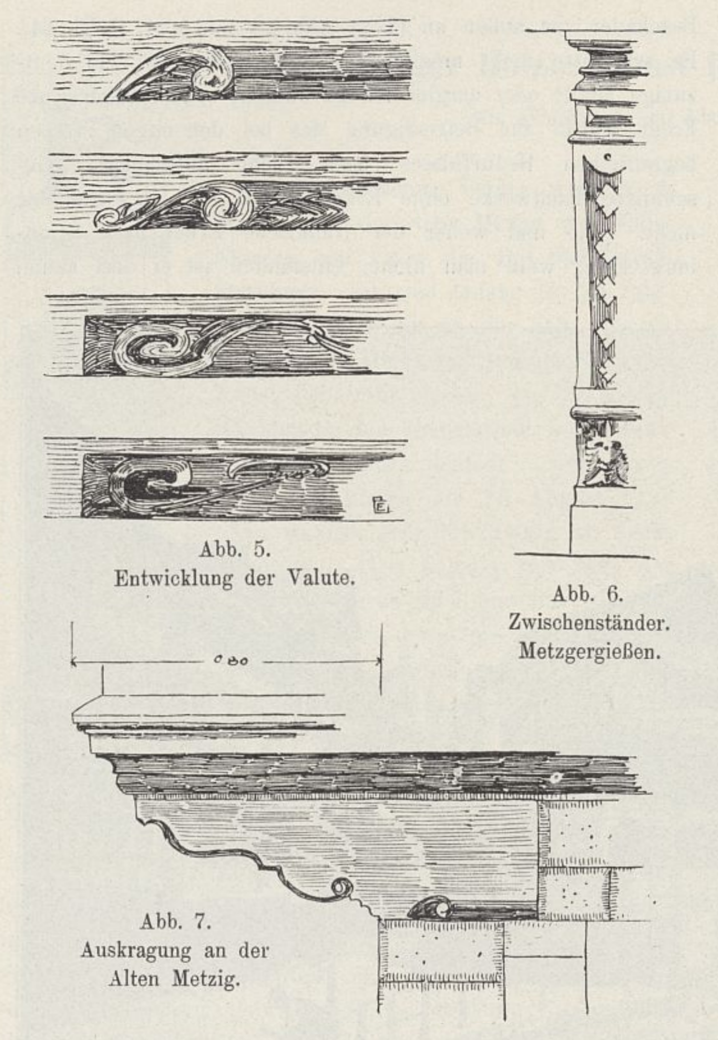


Abb. 5.
Entwicklung der Valute.

Abb. 6.
Zwischenständer.
Metzgergießen.

Abb. 7.
Auskragung an der
Alten Metzig.

wiedergab. Sicher aber waren schon früher sehr schöne Beispiele fränkischer Erker in Straßburg vorhanden. Zum Beweise hierfür mögen die Abbildungen von Erkereinzelheiten auf Bl. 44 dienen. Nach der eingeschnitzten Jahreszahl befindet sich der nachweisbar älteste Erker an dem Hause Ferkelmarkt Nr. 8 (Abb. 1 Bl. 44). Er stammt aus dem Jahre 1562. Seiner Zierweise nach gehört er zu der ganz einzig dastehenden Art der Kerbschnitzfenster, wie sie in noch einigen Beispielen in der Langen Straße aus dem Jahre 1566, dem Mühlenplan (Abb. 2 Bl. 44), dem Pflanzbad (Abb. 3 Bl. 44) und der Küfergasse vorhanden sind. Diese Art stirbt mit dem Jahre 1589 (das letzte Beispiel befindet sich in der Küfergasse Nr. 10) ganz plötzlich aus. Die anderen Erker von 1585 sind entweder ganz einfach, oder sie zeigen, wenigstens bei reicheren Arbeiten, kein Ornament, das von der Zierweise nach dem Jahre 1585, also dem Kommen Hans Schochs, wesentlich abweicht. Nebenbei sei hier noch bemerkt, daß, wenn die Schnitzereien am Kammerzellschen Hause (Text-Abb. 10), wie behauptet wird, tatsächlich von Hans Schoch herrühren, diese nur ein einziges ähnliches Beispiel in Straßburg haben, nämlich am Stefansplatz. Der letzte aus angebrachten Jahreszahlen zeitlich genau bestimmte Erker findet sich in der Freiburger Gasse. Er stammt aus dem Jahre 1676. In diesem Zeitraum von etwas über einem Jahrhundert entwickelten sich an den Fenstern zwei verschiedene Arten von Ornamenten. Die erste, im Entwurf schönere findet ihren Höhepunkt am Kammerzellschen Hause (Text-Abb. 10 und Abb. 7 Bl. 44). Sein Ornament ist in der Hauptsache das stilisierte Akanthusblatt und die Ranke, wie wir sie an den Fensterständern der Certosa bei Pavia finden. Leider steht sie in der Ausführung und Sicherheit der Messerführung bis auf wenige Beispiele weit hinter der zweiten zurück. Neben Einzelheiten vom Kammerzellschen Hause sei hier noch ein Fenster im Hofe unter den Gewerbslauben Nr. 57 (Abb. 4 Bl. 44) angeführt. Schöne Komposition, leider durch den Vandalismus der französischen Revolution arg mitgenommen, weist das Haus Pergamentergasse 2 (Abb. 9 Bl. 44) auf.

Anfangs des 17. Jahrhunderts werden Beispiele immer seltener, jedoch findet sich der letzte Erker dieser Art erst 1668 an dem Hause an der großen Metzig Nr. 3. Die zweite Art in ihrem Hauptschmuck, der derb ausgebildeten Volute in der Bank (wie später gezeigt werden wird, eine Folge der ersten), hat ihr erstes ausgeprägtes Beispiel an der großen Metzig Nr. 5 aus dem Jahre 1600. Sie zeichnet sich durch eine flotte Messerführung aus, die oft bis zur Unschönheit gekünstelte Formen zeitigt (sieh Eckpfosten Abb. 1 Bl. 45). Spielen an der ersten Art die Steinformen eine große Rolle, so ist es hier die mit dem Barock aufblühende Stucktechnik, an die sich die Ornamente anlehnen. Kartuschen, Fratzen und Fruchtgewinde im Verein mit der typischen Volute sind ihr Hauptmerkmal und ihre Hauptzierde. Aus vorstehendem Stadtplan (Text-Abb. 2) ist leicht ersichtlich, wie sich die noch vorhandenen Häuser über die Stadt verteilen; ich zählte deren noch 110 Stück. Bemerkt sei noch, daß die Fenster der ersten Art jedenfalls durchweg bemalt waren, während ich dies bei der zweiten Art mit Rücksicht auf die an sich schon sehr kräftig wirkenden Formen bezweifeln möchte. Leider sind heute von der ursprünglichen Bemalung nur noch sehr geringe

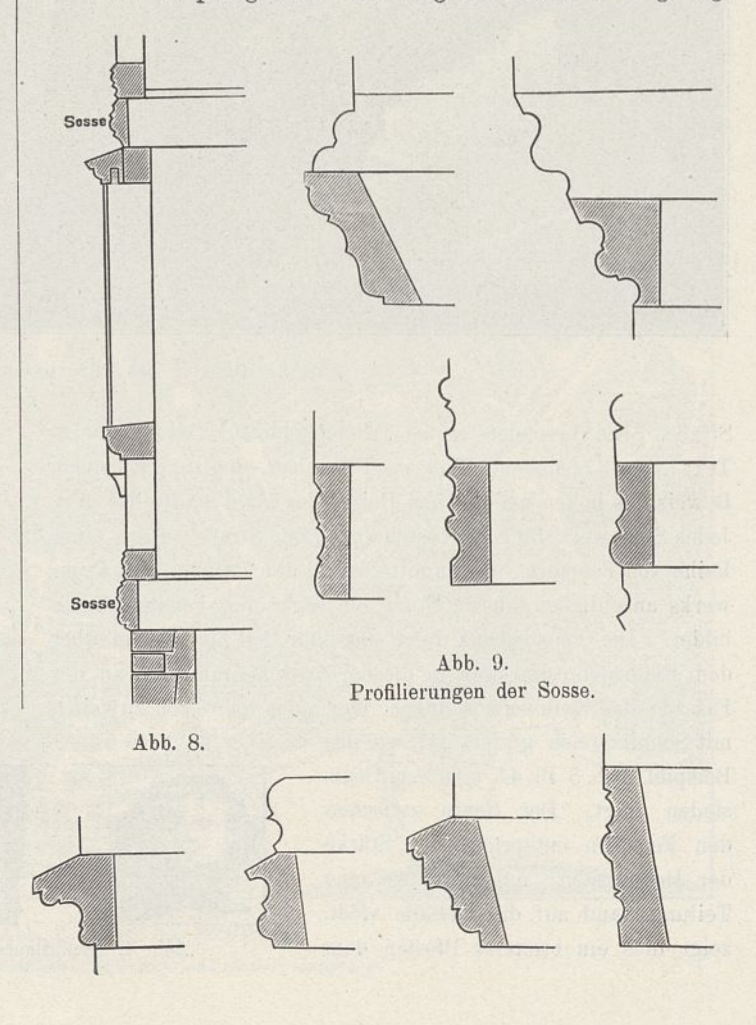


Abb. 8.

Abb. 9.
Profilierungen der Sosse.

Spuren übrig geblieben, so daß Sicheres hierüber nicht mehr gesagt werden kann. Was sich an bemalten Erkern heute findet, stammt erst aus dem letzten Jahrzehnt.

Um eine Vorstellung von der Größe der Fenster zu geben, mögen folgende Angaben dienen. Die lichte Höhe zwischen Sturz und Bank ist 1,50 bis 1,80 m, die lichte Breite zwischen den Ständern 0,66 bis 0,80 m. Die Stärke der einzelnen Hölzer wechselt an den verschiedenen Beispielen sehr, im allgemeinen gelten für Eichenholzfenster folgende Holzmaße für die Querschnitte Bank 18 zu 36 cm, wovon etwa 15 cm nach außen ragen, Eckständer 36 zu 36 cm, Mittelständer 22 zu 28 cm, Zwischenständer 11 zu 13,5 cm, der Sturz 36 zu 13 cm. Das Holz ist bei besseren Arbeiten Eichen- sonst Tannenholz. Der Fenstersturz macht die kleinste Veränderung durch. Er ist entweder einfach profiliert und schließt dann an die Sosse als Rahmen an, oder er ist mit einem Eierstab geschmückt und für jedes Fenster einzeln gearbeitet. Nur die mehr oder weniger barocke Gestalt des Eierstabes gibt hier einigen Aufschluß über die Zeit.

Abb. 10. Kammerzellsches Haus.

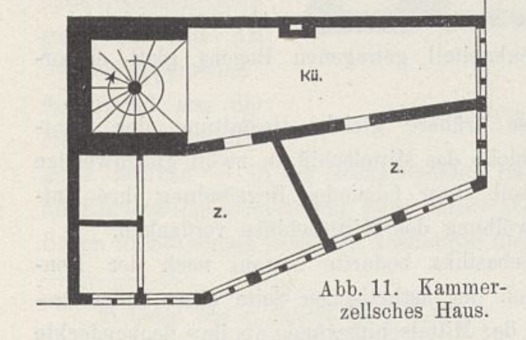


Abb. 11. Kammerzellsches Haus.

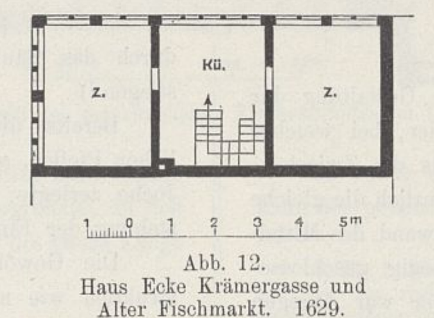


Abb. 12. Haus Ecke Krämergasse und Alter Fischmarkt. 1629.

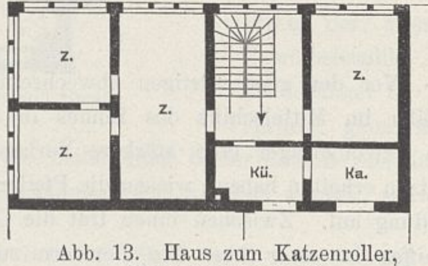


Abb. 13. Haus zum Katzenroller, Pergamentergasse 2.
(Abgebrochen; Fachwerk jetzt am Direktorwohnhaus der höheren Töchterschule.)

Der Eckständer des Fensters ist mit merkwürdiger Beharrlichkeit als Säule der Kompositordnung gebildet. In den ersten Beispielen sind die Verhältnisse und die Ausführung schlecht, in den letzten der Barockzeit jedoch von wirklicher Schönheit. Daneben kommen, abgesehen von den einfach gefasten Ständern (wie auf Abb. 5 Bl. 44), noch solche mit Figurenschmuck vor, in besonders reicher und schöner Ausführung am Kammerzellschen Haus, jedoch sind auch hier die Figuren in der Revolution zerstört und erst in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wiederhergestellt. Barocke Formen aber mit schönem Linienschwung zeigt das Haus am Stefansplatz 1 (Abb. 1 Bl. 45). Die im Vergleich zu den Eckständern kleinen Zwischenständer sind bei den ältesten Fenstern Steinformen nachgebildet und nur mit Profil versehen. Am Kammerzellschen Hause, also 1589, stellen sie Hermen dar, in späterer Zeit kommen sie als Säulen mit Fratzen verziert vor (Text-Abb. 6). Zwischen Ständerende, Bank und Konsole entsteht ein glatter Raum, der gewöhnlich mit einem einfachen Muster ausgefüllt wird, einem Eckblatt, das in der Barockzeit eine kräftigere Ausbildung erhält. Die Konsole, in ihren Abmessungen ungefähr 50 bis 70 cm lang, weist in ältester Zeit außer dem geometrischen Muster der Kerbschnitzerei stets ein Akanthusblatt auf. Dies schmiegt sich der eigentlichen Form der Renaissancekonsole an. Bei reicheren Arbeiten zeigt der Akanthus an seinem unteren oder oberen Ende einen Tier- oder Menschenkopf. Nur das Kammerzellsche Haus macht hier wieder eine Aus-

nahme, indem sich an ihn auch Konsolen mit Köpfen und zwar ohne Akanthus finden (Abb. 4 Bl. 45). In der Barockzeit verschwindet der Akanthus an der Konsole; an seine Stelle tritt der Schnörkel, die Fratze oder die Kartusche mit dem Hauszeichen. Der für die Beurteilung der Zeit wichtigste Teil des Fensters ist die Bank. An ihr entwickelt sich die oben erwähnte Volute, die durch ihre Form dem Kenner fast auf fünf Jahre genau die Entstehungszeit des Fensters angibt. Der Hauptschmuck der ältesten Fensterbänke waren Akanthusgehänge (Abb. 10 Bl. 45). An ihren Enden schließen sie rechts und links mit Muscheln ab. In der Mitte tragen sie gewöhnlich ein Schild mit der Jahreszahl. Die Muschel erhält allmählich an ihrem spitzen Ende eine Umbiegung; an Stelle der Laubgehänge treten Ranken und lose Blätter, die Mitte ziert ein Engelköpfchen. Wieder später ist bereits die Muschel am Ende als solche vergessen, und die Volute wird sichtbar. Sie wächst und bildet sich immer stärker aus, drängt schließlich den Akanthus, der zwischen ihr und dem Mittelstück, jetzt gewöhnlich ein Fruchtgehänge, steht, beiseite und zerteilt sich schließlich selbst noch einmal (Text-Abb. 5).



Abb. 14. Rabenhof aus dem Jahre 1580.
(Einstiges Absteigequartier Friedrichs des Großen.)

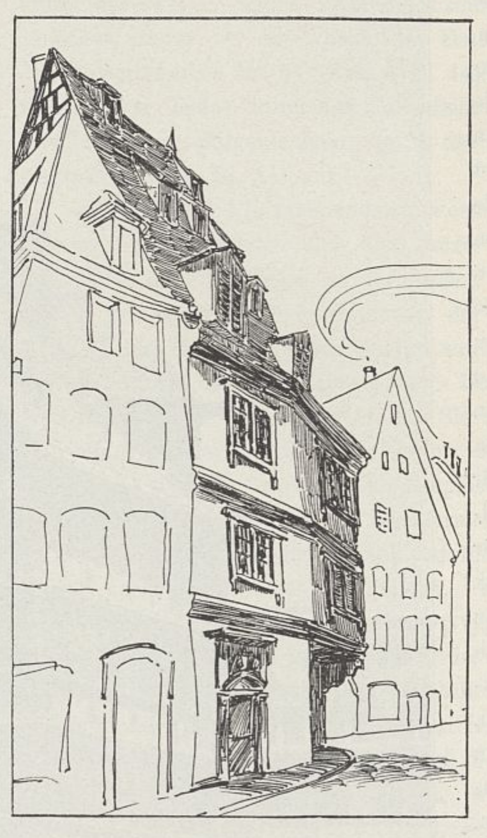


Abb. 15. Schiffleutstaden.

Zum Schluß sei noch einiges über die Grundrisse der Häuser gesagt. Die Stadt war im Platz beschränkt, daher sind die Häuser meist eng und winklig gebaut (Text-Abb. 15). Wirklich schöne Höfe, wie sie Nürnberg aufweist, sind mir nur zwei bekannt: der Rabenhof (Text-Abb. 14) und der Hof der Schlosser-Trinkstube. Die Stuben sind eng und klein, sie gehen ohne Gang meist ineinander, und die Dielenanlage des sächsischen Hauses fehlt ganz (Text-Abb. 12). Die einzelnen Stockwerke sind meist wie am Kammerzellschen Hause (Text-Abb. 11) durch eine Wendeltreppe aus Stein verbunden. Eine aus der Konstruktion entstandene Anordnung, wie Schäfer sie am sächsischen Holzbaustil gibt, läßt sich hier kaum finden, das Haus ist eben nicht ursprünglich für die Landwirtschaft gebaut, sondern gleich als Stadthaus entstanden.

Straßburg. Ernst Blaum, Architekt.

Einige Bemerkungen über den Dom in Speier.

Vom Oberstleutnant a. D. Ernst v. Sommerfeld in Weimar.

I.

Vor der gegenwärtigen abwechselnden Gestaltung der Pfeiler im Mittelschiffe des Domes in Speier, bei welcher die Gewölbeträger eine stärkere Vorlage als die Zwischenstützen erhalten haben, wiesen die Pfeiler sämtlich die gleiche Bildung auf. Zwischen ihnen trat die Oberwand des Mittelschiffes in einer über den Fenstern rundbogig geschlossenen Blende 0,30 m zurück. Vor die Pfeiler war dagegen eine schlanke Säule vorgelegt, deren schlichtes unverziertes Würfelkapitell einen zweiten um die Fenster kreisenden Rundbogen trug. Die genannten Blenden hatten somit einen doppelten Rücksprung, eine Abstufung, während die Obermauern des Mittelschiffes über der vorderen Kante des durch das Säulenkapitell getragenen Bogens glatt emporstiegen.[1])

Bereits diese frühere gleiche Gestaltung der sämtlichen Pfeiler, welche das Mittelschiff in zwölf gleichwertige Joche zerlegte, soll unter folgender Begründung ihre Entstehung der Einwölbung des Mittelschiffes verdanken.

Die Gewölbebasilika bedurfte sowohl nach der Konstruktion wie nach der ästhetischen Seite eines anders gearteten Aufbaues der Mittelschiffswände als ihre flachgedeckte

1) Dehio und v. Bezold, Die kirchliche Baukunst des Abendlandes, Bd. I S. 463 II Absatz 2 und S. 465, Atlas Bd. II Tafel 173,2, 188,2; v. Quast, Die romanischen Dome des Mittelrheines zu Mainz, Speier, Worms, Bl. 3, 1; Meyer-Schwartau, Der Dom zu Speier, S. 125, 126, 130f. und Tafel 14.

Vorgängerin. Während allerdings die vorgelegten Halbsäulen dem bautechnischen Zwecke der Gewölbeunterstützung nur wenig entgegenkommen, diese Aufgabe vielmehr der großen Stärke der Mauern (2 m) und der ungewöhnlich dichten Aneinanderreihung der Pfeiler überlassen, soll „die Verselbständigung“ der Pfeiler, welche einmal in den Blendarkaden und dann daran liegt, daß die Pfeiler über das nur das Innere der Blenden ausfüllende Gurtgesims ununterbrochen bis zur Kämpferlinie der Gewölbe aufsteigen, die durch das Schönheitsgefühl bedingte formale Seite mit „löblicher Klarheit“ aussprechen.[2])

Allein ist denn dies wirklich der Fall?

Zunächst die bautechnische Seite. Das Würfelkapitell der vorgelegten Halbsäule trägt die vorderste Rundung der Blendnischen. Damit ist seine Aufgabe völlig erschöpft. Daß auf dem vorderen, durch die geringe Tiefe der Blendbögen freibleibenden Teile seiner Deckplatte an jedem zweiten Pfeiler noch ein Gewölbegurt sein Auflager gefunden haben sollte,[3]) wäre ebenso unorganisch wie ausgesprochen ästhetisch unschön. Zwei grundverschiedenen Herren dient sonst nirgends im romanischen Stile dieselbe Unterstützung. Wo dies dennoch vorkommt, liegt lediglich ein Notbehelf vor, mit dem sich ein späterer Umbau, der frühere Bauteile weiter benutzen wollte, wohl oder übel abzufinden suchte.[4])

Abb. 1. Ursprünglicher Aufbau der Mittelschiffsmauern im Dome von Speier.

Die Pfeilergliederung mittels einer vorgelegten Halbsäule entbehrt also jeder für die Gewölbeanfänger berechneten Unterstützung. Eine Wölbung wäre nur unvermittelt und ohne trennende Quergurte als eine Art Stichkappentonne fortlaufend aus der Mauer herausspringend denkbar. — In der flachgedeckten Basilika läuft sodann die Eindeckung gleichförmig ohne scharf abgegrenzte, zu den Bogen in Beziehung stehende Abschnitte über die ganze Länge des Mittelschiffes hin. Die Oberwand über den Bogen kann daher gleichfalls in einheitlicher, durch keine senkrechte Gliederung unterbrochener Fläche dahinfließen. Die Deckengewölbe schlagen dagegen einen in regelmäßiger Aufeinanderfolge wiederkehrenden Rhythmus an, für welchen das Schönheitsgefühl eine entsprechende Vorbereitung in den Seitenwänden des Mittelschiffes, also gleichfalls eine rhythmisch sich wiederholende Einteilung derselben fordert. Aber der Rhythmus der Wände muß unbedingt mit demjenigen der Gewölbedecke in Einklang stehen. Nun überspringt der letztere in dem gebundenen System quadratischer Deckengewölbe im Mittelschiff stets eine Bogenstütze. Bei der gleichen Gestaltung aller elf Pfeiler in Speier dagegen läuft an den Wänden der Rhythmus ohne solche Überschlagung fort. Es würden hier daher zwei einander widersprechende Bewegungen neben- oder vielmehr übereinander hergehen.[5])

Die gleichmäßige Vorlage einer Halbsäule spricht also nicht für die Einwölbung der Decke, vollends nicht für eine Erkenntnis der durch die Deckengewölbe bedingten Umgestaltung der Pfeiler- und Wandgliederung „in löblicher Klarheit“.

Bisher galt Mainz gegenüber der in Rede stehenden Gestaltung des Speierer Mittelschiffes für den älteren Bau.[6]) Die neuere Forschung will dieses Verhältnis umkehren.[7]) Sie sieht in beiden Kirchen Gewölbebauten, aber in dem späteren Mainz keine Verbesserung, sondern eine unvollkommen verstandene Nachahmung.[8]) Für Speier wird damit das Verdienst und der Ruhm der ältesten Gewölbebasilika in Deutschland in Anspruch genommen.

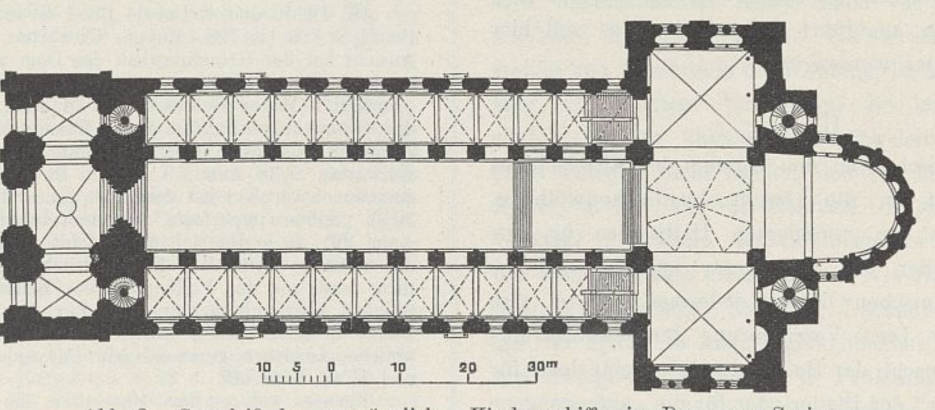


Abb. 2. Grundriß des ursprünglichen Kirchenschiffes im Dome von Speier.

In bezug auf die Zeitstellung beider Bauten zueinander kann der neueren Anschauung recht gegeben werden, schwer-

2) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 465.

3) Meyer-Schwartau S. 135.

4) Meyer-Schwartau sieht schon darin eine Unzulänglichkeit, daß im Mittelschiffe des Domes in Mainz die vorgelegte Halbsäule außer dem Quergurt noch Grat- und Schildbogen tragen soll, S. 16. In Speier aber würde die einzige Kapitelldeckplatte für zwei völlig getrennte Gebiete — Seitenwandgliederung und Deckenwölbung — in Anspruch genommen worden sein.

5) Ein Einklang zwischen der Wand- und Deckengliederung wäre nur bei den rechteckigen Feldern des nirgends behaupteten oder nachgewiesenen ungebundenen Gewölbesystems vorhanden. Die enge Stellung der Pfeiler und die Breite des Mittelschiffes hätte zu übermäßig langen und schmalen Rechtecken geführt.

6) v. Quast S. 37 u. 38; Schnaase Bd. IV, 2 S. 111, 112; Otte, Romanische Baukunst S. 335.

7) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 466; Lübke, Geschichte der Architektur S. 553, 554 scheint derselben Ansicht.

8) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 466.

lich aber für die weiteren Behauptungen. Der in Rede stehende Bau von Speier war vielmehr noch auf eine flache Decke angelegt. Die älteste Gewölbekirche bleibt dagegen Mainz und ihr Baumeister nicht der mit geringerem Verständnis ausgerüstete Nachbildner, sondern der bahnbrechende Neuerer.

In Mainz rührt die gesamte gegenwärtige Pfeilergliederung unzweifelhaft aus der ersten, wenige Jahre vor Schluß des 11. Jahrhunderts beginnenden Bauzeit her.[9]) Nun findet sich hier nur an jedem zweiten Pfeiler eine Halbsäule zur Aufnahme des Gewölbes auf ihrem Würfelkapitell vorgelegt, während der Zwischenpfeiler ohne solche Vorlage glatt in die Höhe steigt. Der Grundsatz von der Notwendigkeit der Übereinstimmung des Rhythmus in den Gewölben und an den Wänden ist also gleich beim ersten Schritte richtig erkannt worden.

Nicht alles gelingt gleich auf den ersten Wurf bis zur Vollkommenheit. Vielleicht war in Speier nur das Gesetz der Wandgliederung überhaupt, aber nicht das höhere der Übereinstimmung mit der Deckengliederung erkannt worden! Aber dieser Einwand wird dem Verfechter des zeitlichen Vorranges von Speier in bezug auf die Deckenwölbung schlecht anstehen. Der ungeschickte Nachbildner von Mainz würde ja gerade in dem entscheidenden Punkte zum ausschlaggebenden Verbesserer werden!

Nach einer andern Richtung sind indes auch in Mainz noch nicht die letzten aus der Deckenwölbung sich ergebenden Folgerungen gezogen worden. Die flachgedeckte Basilika verlangte[10]) bei der überall gleichmäßig verteilten Last auch gleich starke Stützen. Der vermehrte Druck auf die Gewölbeanfallspunkte im gebundenen System beanspruchte dagegen in einer kräftigeren Gestaltung der Gewölbeträger seinen bautechnisch richtigen wie organisch lebensvollen Ausdruck. Die Hauptgewölbestützen weisen aber im Mainzer Dom noch die gleichen Maße wie die Zwischenpfeiler auf. Mithin kann auch in Speier die gleiche Abmessung aller Pfeiler nicht mehr als Beweis für eine vor der Deckeneinwölbung liegende Entstehungszeit derselben angeführt werden.[11]) Dies soll hier ausdrücklich eingeräumt werden.

II.

Auch die Blendnischen an den Wänden des Mittelschiffes sprechen ferner nicht für die Absicht der Deckenwölbung. Der Rücksprung von den vorgelegten Halbsäulen bis zur Vorderfläche der Pfeiler und von dieser letzteren bis zur Rückseite der Blendnischen beträgt jedesmal 0,30 m, also im ganzen 0,60 m.[12]) Diese Verringerung der Gesamtmauerstärke von 2,10 m (einschl. der Halbsäulen) erscheint doch für die „Verselbständigung" der Pfeiler oder für die „aufgegangene Erkenntnis, daß beim Kreuzgewölbe die zwischen den Pfeilern liegenden Wände ohne Gefahr für die Stabilität schwächer gebildet werden können"[13]), zu unbedeutend. Unter der Erkenntnis dieses Gesetzes würde sich der Gedanke der Wandblenden im Laufe der Entwicklung von Speier über Mainz nach Worms vertieft und nicht verflüchtigt haben.

9) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 464.
10) Sofern nicht ein Entlastungsbogen in der Mauer einen Zwischenpfeiler überspringt.
11) v. Quast S. 34; Kugler, Kl. Schriften Bd. II S. 727.
12) Meyer-Schwartau S. 125.
13) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 465 u. 466.

Die Blenden tragen lediglich das Aussehen einer dekorativen Wandgliederung. Hätte nicht sonst der an die Aufgabe der Deckenwölbung herantretende oder sie sicherlich weiter bildende Meister von Mainz diese konstruktive Anregung durch umfangreichere Gestaltung der Blenden aufgegriffen? Die flachere Bildung und der Schluß unterhalb der Fenster bezeugen deutlich ihre Anbringung nur von dem nebensächlichen Gesichtspunkt einer dekorativen Flächenbelebung aus.

III.

Schließlich wird auch die unverhältnismäßige Stärke der Mauern von etwa 2 m und die gedrängte Aufeinanderfolge der Pfeiler für die Absicht der Deckenwölbung angeführt.[14])

In der Bauzeit des Speierer Domes sind wesentlich drei Abschnitte zu unterscheiden:

1. Der Gründungsbau von Kaiser Konrad II. bis zu der Regierungsübernahme durch Heinrich IV. 1061 oder 1065.
2. Der Beendigungs- bezw. Umbau bis zum Tode Heinrichs IV. 1106.
3. Der Wiederherstellungsbau nach dem Brande von 1159.[15])

Der ursprüngliche Bau war natürlich auf eine flache Decke des Mittelschiffes berechnet. Die Ansichten gehen nun darüber auseinander, ob die Umwandlung in eine Gewölbebasilika in dem zweiten oder erst im dritten Bauabschnitt stattgefunden hat.[16]) Eine zweite Meinungsverschiedenheit sieht in dem zweiten Bauabschnitt entweder die Weiterführung und den Abschluß des in der Gründungszeit unvollendet gebliebenen Baus,[17]) oder den Um- oder Neubau der bereits damals im wesentlichen beendeten Kirche.[18])

14) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 465; nach Meyer-Schwartau S. 125 beträgt der Pfeilerkern 1,80 m, während die vorgelegte Halbsäule einen Halbmesser von 0,30 m hat.
15) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 462 bis 464.
16) Für den 2. Bauabschnitt: Schnaase Bd. IV 2 S. 112; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 463 II. — Für den 3. Bauabschnitt: v. Quast S. 38; Kugler, Kl. Schriften Bd. II S. 728. — Zweifelhaft: Otte S. 224.
17) Otte S. 223; Schnaase Bd. IV, 2 S. 109; v. Quast S. 25 und 26.
18) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 462 I; Kugler, Kl. Schriften Bd. II S. 726 bis 728; Meyer-Schwartau S. 40. — Nach diesseitiger Ansicht hat der Gründungsbau den Dom unvollendet gelassen. Zwar sagt der Chronist Ekkehard, daß Heinrichs III. den Dom vollendete „perfecit" (Meyer-Schwartau S. 38 Anm. 18). Ebenso wird er in den Schenkungsurkunden dieses Kaisers vom 6. Juni 1041 und vom 7. und 9. September 1046 als erbaut „constructa" bezeichnet (Meyer-Schwartau S. 38 Anm. 19 u. 22). Da aber der Dom von dem Zeitgenossen Lambert bei dem Tode Kaiser Heinrichs III. am 5. Oktober 1056 „adhuc imperfecta" genannt wird (Meyer-Schwartau S. 39 Anm. 29), so ergibt sich daraus mit unzweifelhafter Sicherheit, daß das damalige Mittelalter die Ausdrücke „perficere" und „construere" nicht erst von der Vollendung des Baues, sondern von jeder Bautätigkeit überhaupt gebrauchte. Für die wirkliche Beendigung eines Baues in allen seinen wesentlichen Teilen scheint „complere" der übliche Ausdruck gewesen sein (Meyer-Schwartau S. 42 Anm. 54 und S. 44 Anm. 66).
Ebenso weihte das Mittelalter die Kirchen abschnittsweise: Krypta, Chor, Langhaus und mit diesem letzteren das ganze Kirchengebäude. Die Weihe der Krypta fand am 1. September 1039 statt (Meyer-Schwartau S. 38 Anm. 16). Die Weihe vom Jahre 1061 (Meyer-Schwartau S. 40 Anm. 34) ist erst die zweite, von welcher berichtet wird. Sie wird sich daher mit viel größerer Wahrscheinlichkeit auf den Chor als bereits auf das Langhaus bezogen haben. Warum sollen die in der Urkunde vom 6. Juni 1041 (Meyer-Schwartau S. 38 Anm. 19) erwähnten priesterlichen Handlungen im oberen Chor, der allerdings vor der Vornahme gottesdienstlicher Handlungen der Weihe bedurft hätte, und nicht in der Krypta stattgefunden haben? Der Bischof Friedrich von Bolanden setzte unter dem 28. Juli 1281 einen neuen Tag für die Weihe des Domes fest, weil sich gerade über die Einweihung des Gründungsbaues weder aus Inschriften auf Stein, noch aus Büchern, Urkunden oder aus dem Munde der Leute trotz fleißiger Nachforschung irgend eine Nachricht — quidquam de ipsius consecratione — feststellen ließ (Meyer-Schwartau S. 48 Anm. 94). Bezöge sich die Weihe von

Die Ansicht, welche Stärke und Stellung der Mittelschiffspfeiler auf die beabsichtigte Deckenwölbung zurückführt, geht also von der Annahme des in der Gründungszeit unvollendeten, nicht bis zum Mittelschiff gediehenen Domes oder des Ersatzes der ursprünglichen Mittelschiffsbogen nach wenigen Jahrzehnten durch mächtigere und engergestellte Pfeiler aus.

Indes eine selbst für Deckengewölbe tragfähige Mauer braucht doch nicht erst um dieses Zweckes willen — also in der Zeit der Gewölbebasilika — aufgeführt worden zu sein. Schon Konrad II. und die unmittelbare Folgezeit arbeiteten mit einem weit über das Erfordernis der Flachdecke hinausgehenden Mauerdurchmesser. Wollte doch Konrad II. für sich und sein Geschlecht eine bleibende Grabstätte und ein Denkmal aere perennius schaffen! Die sonstigen Teile des Ursprungsbaues in Speier — die beiden Osttürme in ihren unteren Teilen und die erste Anlage des Querhauses — haben die gleiche Stärke von 1,75 bis 2 m.[19]) Das Speierer Mittelschiff überbietet das Wunderwerk von 75′ Höhe in Limburg a. H. noch um 10′.[20]) Eine Mauerstärke von 2 m ist unter diesem Gesichtspunkt selbst bei der Anlage einer flachen Decke sehr begreiflich.

Die Vorsicht, die schließlich bei der Einwölbung der Seitenschiffe eine Verstärkung der Außenmauern auf 2,10 bis 2,20 m für nötig erachtete,[21]) würde für die unendlich viel größere Last des Mittelschiffsgewölbes weit über dieses Maß hinausgegangen sein, wäre sie nicht durch bereits vorhandene Bogen an die geringere Stärke von nur 2 m gebunden gewesen.

Auch die enge Stellung der Pfeiler ist älter als die Gewölbebasilika. In dem Gewölbebau von Worms 1181,[22]) ist sie nur durch die Übernahme aus der vorhergehenden Kirche zu erklären, da die Zulässigkeit breiterer Bogenstellungen bereits allgemein erkannt und in Anwendung gebracht war.[23]) Die alte Kirche — der Bau Bukkos 1016 oder 1018 oder Eppos 1110 — besaß aber eine flache Decke.[24])

IV.

Nunmehr ergibt sich die Frage nach der Entstehungszeit dieser ursprünglichen gleichartigen — und nicht auf Deckenwölbung berechneten — Pfeilergliederung.

Die von Heinrich IV. am Schluß seiner Regierung ausgeführten Bauten am Dome erregten die höchste Bewunderung seiner Zeitgenossen. Aber alle Schriftsteller berichten darüber nur in allgemeinen Ausdrücken, wie „mirum et artificiosum", „magnum et admirabile", „famosum et laboriosum".[25]) Nur der unbekannte Verfasser der Vita Heinrici gibt den genaueren Grund hierfür an „mira mole et sculptili opere".[26]) Die „ungeheure Größe", mittels welcher der Dom in Speier alle bisherigen Kirchengebäude weit überragte, war also das ausschlaggebende Merkmal. Der Bau Heinrichs IV. war also noch keine Gewölbebasilika. Sonst wäre sicherlich diese bahnbrechende, weit bewunderungswürdigere Tatsache als der entscheidende Grund für das Staunen der Welt angegeben worden. Den gewaltigen Grundriß verdankte nun zwar Speier bereits seiner ersten Gründung unter Konrad II.[27]) Aber der Bau konnte nicht schon zu dieser Zeit den Blick der Welt um seiner Größe willen auf sich ziehen, weil er noch nicht bis zu einem die großartige Absicht erkennbar vor Augen führenden Umfange gediehen war. Erst durch die Vollendung des Domes unter Heinrich IV., durch die Hinzufügung des Langhauses in seiner bisher besprochenen Gestalt an den Chor und die unteren 9 m der Seitenschiffmauern trat dies ein.[28]) Nun erst erwies sich Speier als überlegener Sieger gegenüber den bisher mächtigsten deutschen Kirchengebäuden in Limburg, Augsburg und Bremen.

Mit Recht werden die allgemeinen Zeitverhältnisse am Ausgang der Regierung Heinrichs IV. für den Übergang von der flachgedeckten zur Gewölbebasilika angeführt. Der Sieg der geistlichen über die weltliche Gewalt, des Papsttums über das Kaisertum mußte auch für den Kirchenbau eine mächtige Anregung geben. Die Frucht derselben war in Italien und Frankreich die Wölbung des Mittelschiffs. Deutschland, in welchem der Kampf die hochgehendsten Wogen schlug, konnte unmöglich zurückbleiben.[29]) Nur war das erste Beispiel nicht Speier, sondern Mainz. Dem Dom von Speier, in der ihm von Heinrich IV. gegebenen Gestalt, fällt vielmehr die Rolle des Schlußsteines in der Entwicklung der flachgedeckten Basilika zu. Wie Heinrichs IV. Bauleiter, Otto von Bamberg, über die Deckenwölbung dachte, geht aus der später in Angriff genommenen, erst 1118 geweihten und flachgedeckten Kirche in Prüfening hervor.[30])

Die Worte des Ragevinus über den Brand des Jahres 1159 „et desuper continuitate muri rupta ruina molesta plerosque involvit",[31]) werden meist als ein Beweis angesehen, daß

1061 auf den ganzen Dom und nicht bloß auf den Chor, so wußte der Bischof doch wenigstens das Jahr, wenn auch nicht den Tag der Weihe. Dann konnte der Ausdruck „quidquam" als zu weitgehend nicht gebraucht werden.

Unzweifelhaft war bei der Ausstattung des Altars des heiligen Emmeran und Martin am 5. April 1057 durch Heinrich IV. (Meyer-Schwartau S. 39, Anm. 32) die St. Emmerans Kapelle vorhanden. War zu dieser Zeit das Langhaus bereits vollendet, so bleibt die ganz ungewöhnliche, um 1,20 m mittels 7 Stufen unter dem Fußboden des Schiffes befindliche, kryptenartige Lage derselben (Meyer-Schwartau S. 151) ganz unerklärlich. Sie war aber nach der Sachlage geboten, wenn für ihre Anlehnung zu dieser Zeit vom Langhaus lediglich der untere Teil der Seitenschiffsmauern vorhanden war (Meyer-Schwartau S. 129 u. 130).

Die „muri interrupti pendentes" in der wohl sicher auf den Amtsantritt des Bischofs Rüdiger 1073 bezüglichen Begrüßung des neuen Seelenhirten heißen eben, „die im Bau unterbrochen hangenden" Mauern des Domes (Meyer-Schwartau S. 38 u. Beilage I S. 70).

Auch die Nachricht, daß Otto von Bamberg das ansprechende Maß für die Kirchenfenster — aequam fenestrarum mensuram prudenter a se dispositam — (Meyer-Schwartau S. 43 Anm. 55) schuf, fügt sich am besten in die hier entwickelte Ansicht ein. Bei der Übernahme der Bauleitung fand er nur die untersten 9 m der Seitenschiffsmauern bis zu dem die Lisenen tragenden Mauerabsatz mit dem unteren Teile der Fenster vor (Meyer-Schwartau S. 130). Nun hieß es, diese vorhandenen Fensteröffnungen mit der beabsichtigten Seitenschiffswölbung und überhaupt dem geplanten Bau des Langhauses in Einklang zu bringen. In der glücklichen Lösung dieser Frage zeigte sich das Geschick und das Verständnis Ottos.

19) Meyer-Schwartau S. 86, 2; 90 Anm. 33; 114, 3. Nur die Südwand des Südostturmes geht ausnahmsweise auf 1,30 m herunter.

20) Otte S. 221 bezw. v. Quast S. 33.

21) Meyer-Schwartau S. 123 u. 114.

22) Otte S. 338, 339; Meyer-Schwartau S. 31.

23) Das Beibehalten älterer Stützen genau oder annähernd auf der früheren Stelle beruht wohl in mannigfachen Fällen auf rituellen Rücksichten. An die Pfeiler waren Altäre vorgelegt, die bei Umbauten nicht von ihrem durch die Weihe geheiligten Standorte verrückt werden sollten.

24) Meyer-Schwartau S. 20 u. 21.

25) Siehe Geissel, Der Kaiserdom in Speier S. 40 Anm. 164; Meyer-Schwartau S. 42 Anm. 53, 54; S. 43 Anm. 55 u. 56.

26) Meyer-Schwartau S. 42 Anm. 54.

27) v. Quast S. 33.

28) Meyer-Schwartau S. 130; Otte S. 450.

29) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 461.

30) Meyer-Schwartau S. 44 Anm. 64.

31) Meyer-Schwartau S. 46 Anm. 76.

bereits der Bau Heinrichs IV. im Mittelschiffe gewölbt war. Das Gewölbe konnte doch nur nach Innen hineinstürzen, wo schwerlich bei dem in vollen Flammen stehenden Gebäude außer etwa noch einzelnen rettenden Priestern eine größere Menschenmenge versammelt war. Nur die senkrechten Mauern konnten unerwartet nach außen stürzen, etwa nach einer Seite, wo der die Glut anderswohin treibende Wind den Aufenthalt unmittelbar an der Kirche gestattet hatte. Bei der Erneuerung des Querhauses nach dem Brande ist wohl der eingestürzte Teil der Mauern hier zu suchen.

V.

Die Bestrebungen zu einer weitergehenden architektonischen Belebung der Wandflächen, namentlich in senkrechter Richtung, entstammen keineswegs erst der Einwölbung des Mittelschiffes. Vielmehr treten schon um die Mitte des 11. Jahrhunderts — also gerade in der ersten Bauzeit des Speierer Domes — zwei Strömungen besonders hervor, von denen die eine zu halbkreisförmigen in die Mauer eingelassenen Konchen, die andere zu flachen Blendnischen mit geradlinigem Hintergrunde griff.[32])

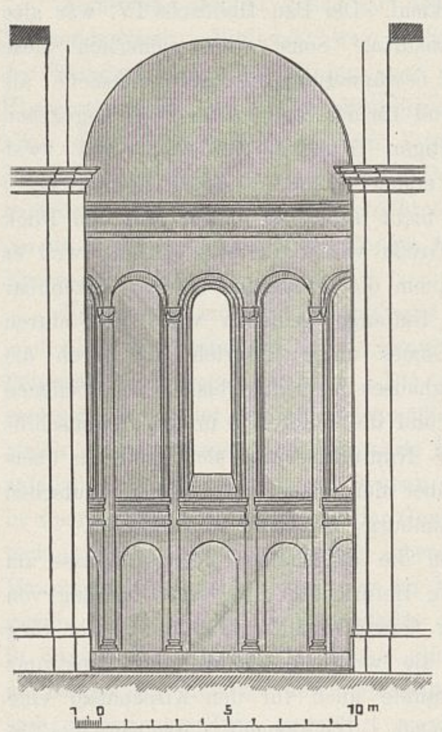


Abb. 3. Wandgliederung der Apsis im Dom in Speier.
(Nach Meyer-Schwartau, Tafel XIII.)

Für die zuerst genannten Konchen findet sich in Regensburg in der Westkrypta von St. Emmeran vor 1052[33]) und in der gleichzeitigen St. Stephanskapelle, dem sogenannten alten Dom,[34]) ein Sitz, ein weiterer in Niedersachsen, wo sich der St. Liudgeri-Krypta in Helmstedt die gleichnamige Kapelle anschließt.[35])

Die Blendarkaden aber finden ihre Ausbildung nach dem Vorbilde der Bartholomäuskapelle in Paderborn[36]) gerade in der mit dem Namen Poppos v. Stablo im Zusammenhange stehenden Bauschule, zu der auch der Gründungsbau von Speier gehört. Zunächst und am spärlichsten in Hersfeld in der Krypta (1038 bis 1040)[37]), in dem zeitlich sich anschließenden Altarhaus unter den hochgelegenen Fenstern[38]) und an der nach diesseitiger Ansicht[39]) kaum späteren Eingangshalle zwischen den flachen, den Architrav des Tonnengewölbes tragenden Wandpfeilern.[40]) Umfassender in der Klosterkirche in Limburg a. d. H. (1025 bis 1045):[41]) in der Krypta[42]), an der nördlichen und südlichen Schmalseite im Erdgeschoß der westlichen Vorhalle[43]) und am bedeutungsvollsten in den hohen Rundbogenblenden, welche zwischen Pilastern im Altar- wie im Querhause die untere Fensterreihe konzentrisch umziehen.[44]) Die eingestürzten Oberwände des Mittelschiffes zeigten voraussichtlich eine verwandte Flächengliederung. Ein weiteres, die obere Rundung in drei kleinere Bögen auflösendes Beispiel — indes vielleicht erst nach Speier — giebt St. Ursula in Köln a. Rh.[45])

Der westliche Teil der Krypta in Speier unter dem Querhause bringt nun zunächst eine noch unvermittelte Vereinigung beider Richtungen in demselben Raume in der Weise, daß die Nord- und Südwand mit Blendnischen, die Ostwand mit Konchen gegliedert ist.[46]) Dann aber findet im Innern der Apsis der Oberkirche der bedeutsame Fortschritt der Vereinigung der beiden Gliederungsarten an derselben Wandfläche statt.

Auf einem ringsherum laufenden ungegliederten Sockel erheben sich auf eckblattlosen attischen Basen Halbsäulen, im unteren Geschoß Konchen umschließend. Über einem zwischen den ununterbrochen aufsteigenden Säulen angebrachtem Gesims[47]) sind die Säulen lisenenartigen Wandstreifen von 0,10 m vorgebunden; die eigentliche Wandfläche tritt also gegen das Konchengeschoß um diese Tiefe zurück. Halbsäulen wie Wandpfeiler sind oben durch Halbkreisbögen zu flachen Blendnischen mit doppeltem Rücksprunge verbunden. In drei dieser Blendnischen befinden sich die Lichtöffnungen der oberen Fensterreihe. Das unverzierte Würfelkapitäl hat eigenartigerweise weder Deckplatte nach Abakus.[48])

Die hier behandelte Ursprungsarchitektur des Langhausmittelschiffes erweist sich nun lediglich als eine Abschrift dieser Apsidengliederung nur mit den durch die veränderte Zweckbestimmung bedingten Abänderungen. Hier wie dort

32) Beide Richtungen nehmen ihren Ausgang bemerkenswerterweise in der Krypta.

33) Otte S. 233, 234; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 177, Atlas Bd. I Tafel 42, 12; Bd. II Tafel 170, 2.

34) Otte S. 235; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 459, Atlas Bd. I Tafel 42, 13; Bd. II Tafel 170, 3 u. 4.

35) Otte S. 738; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 185, 459 und 460; Atlas Bd. II Tafel 170, 9, 10, 11; siehe ferner Dehio und v. Bezold Bd. I S. 552.

36) Otte S. 197; Dehio und v. Bezold Atlas Bd. II Tafel 170, 5 u. 6; hier sogar schon mit vorgelegten Halbsäulen.

37) Meyer-Schwartau S. 7, I; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 162; Otte S. 242; Meyer-Schwartau S. 8 II u. III, 1; Otte S. 244.

38) Meyer-Schwartau S. 7 I, 10 IV; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 162; Otte S. 244; Meyer-Schwartau S. 8 II; Otte S. 243 Figur 112, S. 244.

39) Gerade diese Nischenarchitektur sowie die Säulenbasen ohne Eckblattverzierung (Meyer-Schwartau S. 9 III, 4; Otte S. 245) sprechen mit Meyer-Schwartau S. 10 IV gegen Otte S. 244 und Dehio und v. Bezold Bd. I S. 575.

40) Meyer-Schwartau 9, III 4; Otte S. 244, 245; Dehio und v. Bezold, Atlas Bd. I Bl. 55, 2.

41) Meyer-Schwartau S. 3 I, 6 V; Otte S. 220; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 207, 210.

42) Geier und Görz, Limburg a. H. Bl. II A.

43) Meyer-Schwartau S. 4 II.

44) Otte S. 221; Geier und Görz Bl. III A u. B; Meyer-Schwartau S. 4 III, Tafel 30; Dehio und v. Bezold Tafel 52, 1; 55, 1; Bd. I S. 216.

45) Dehio und v. Bezold Bd. I S. 195, 216; Atlas Bd. I, 46, 3 u. 63, 2; anderer den Bau erst dem saec. XII zuweisender Ansicht Otte S. 362. Die über den Arkadenpfeilern aufsteigenden Wandstreifen gehören vielleicht schon dem alten 1003 teilweise eingestürzten Bau an, die obere bogenfriesartige Verbindung jedenfalls erst der Erneuerung durch Bischof Anno (1056 bis 1075).

46) Meyer-Schwartau S. 83, 2.

47) Meyer-Schwartau S. 101. Die derzeitige schwerfällige Gestaltung ist späteren Ursprungs.

48) Meyer-Schwartau S. 96 Kapitel IV, 1; Tafel XIII u. XIV; Dehio und v. Bezold, Atlas Bd. II Tafel 188, 2; Geier u. Görz Tafel 3 u. 4.

zwei Geschosse, durch welche die Halbsäulenvorlagen, gleichfalls mit eckblattloser attischer Basis, ununterbrochen aufsteigen. Im untersten Geschoß tritt natürlich an Stelle der Konchen die offene nach den Seitenschiffen führende Arkadenverbindung. Ein geringer Unterschied besteht nur darin, daß die in der Apsis nur im oberen Stockwerk vorhandene Wandblende hier nicht erst über dem Grenzgesims beider Geschosse, sondern bereits über der Arkadenwölbung ihren Anfang nimmt.[49])

Das geschoßtrennende Arkadengesims läßt genau wie in der Apsis die Säulen, so hier den ganzen Pfeiler frei. Die oberen Blendnischen weisen ebenso den gleichen doppelten, durch den Wandpfeiler und die Halbsäule getragenen Rücksprung auf. Nur das unverzierte Würfelkapitell besitzt seinen aus Platte und Schmiege bestehenden Abakus.[50])

Auch das Querhaus hatte ausweislich der beiden im Bereich der Osttürme liegenden Lisenen bereits im Gründungsbau eine Blendnischen-Architektur gehabt.[51])

VI.

In welchem Bauabschnitt ist nun die Innenseite der Apsis entstanden? Sie wird zum Teil nebst der ihre Unterlage bildenden Krypta in deren jetziger Ausdehnung erst den 1082 beginnenden Bauten Bennos von Osnabrück oder gar erst der Zeit nach dem Brande von 1159 zugeschrieben.[52])

Indes schon die allgemeinen Zeitverhältnisse sprechen für die Entstehung in der Gründungs-Bauzeit. Dank der Vorliebe von Konrad II. und Heinrich III. hatte sich Speier um die Mitte des 11. Jahrhunderts zum Mittelpunkt des geistigen Lebens in Deutschland aufgeschwungen.[53]) Auch für die Baukunst mußte die Stadt daher zum Brennpunkt jeden Fortschritts werden. Gerade zu diesem Zeitpunkte war also der Dom die gegebene Stätte zur Vereinigung der beiden bisher getrennten auf die Gliederung und Belebung der Wandflächen gerichteten Bestrebungen.

Die Krypta des Gründungsbaues und mithin der aufstehende Chor sollen sodann unmittelbar von der Ostseite der Türme ab in die Chorrundung übergegangen sein.[54]) Die Aufgabe Bennos v. Osnabrück bestand in der Sicherung des unvorsichtig weit gegen die Ufer des Rheines vorgeschobenen Baus gegen die Unterspülungen des Wassers.[55]) Unter Einreißung des schwer beschädigten Ostbaus und Wiederaufführung desselben unter Verlängerung des Altarhauses um 4 m nach dem Flusse zu[56]) in den noch heute sehr unsicheren Baugrund[57]) hätte der wohlerfahrene Baumeister den Teufel mit Beelzebub ausgetrieben und das Übel vergrößert statt verkleinert. Die alte Kirche reichte unzweifelhaft mit Krypta und Apsis genau so weit östlich als heute.

Außer den ungeheuren, dem Einbruch des Flusses entgegengestellten Steinmassen hat Benno v. Osnabrück auch noch am Dom selbst „der schwierigen Zurüstungen und der Neuheit wegen“ bemerkenswerte Arbeiten vorgenommen.[58]) Für den Wiederaufbau des eingerissenen Altarhauses mit der Krypta waren solche unbekannte und besonders kunstvolle Vorbereitungen nicht erforderlich. Wohl aber fanden sich für ein anderes Werk keine Vorgänge — die Ummantelung der Krypta. Ausweislich seiner noch heutigen Beschaffenheit war der Baugrund durch den Steindamm nicht völlig gesichert. Benno schritt deshalb außerdem zu einer Verstärkung der Grundmauern der Krypta. In der Aufgrabung und Freilegung der Fundamente bei aufstehendem Chor und Apsis lag die ungewöhnliche Neuheit und die zur Verhütung des Einsturzes schwierige Rüstarbeit. Benno v. Osnabrück fand also die jetzige Ausdehnung und Gestalt von Krypta und Apsis bereits vor.

Auch die nach diesseitiger Ansicht gleichfalls aus einer späteren Ummantelung herrührende Außengliederung der Apsis spricht nicht gegen die Entstehung der Innenarchitektur in der Gründungszeit.

Zwei durchgreifende Verschiedenheiten erscheinen hierfür trotz der bloßen radialen Übertragung der inneren Einteilung von entscheidender Bedeutung: das innere Würfelkapitell und die eckblattlose Basis, denen im Äußeren die korinthisierenden Kapitelle und die Eckzehen gegenüberstehen.[59])

Der rheinische mit dem Namen Poppo v. Stablos verknüpfte Baukreis — Limburg[60]) und die Krypta in Speier[61]) — kennt keine andere Formenwelt als das unverzierte Würfelkapitell. So sicher die Bildung des Würfels das Innere der Apsis der gleichen Zeit zuweist, so bestimmt deutet die völlig veränderte Formenwelt und Arbeitsweise des Äußeren auf eine andere Bauzeit.[62]) Gerade das Aufsetzen des Blendbogens auf den Würfel selbst ohne Vermittlung eines Abakus läßt die Blendnischenarchitektur in der Chorapsis als den ersten nicht völlig geglückten und später abgeänderten Versuch im ganzen Bereiche des Domes erscheinen.

Bezüglich der Eckverzierung gilt wohl im Umfange der deutschen Baukunst mit Recht der Grundsatz der ausnahmslosen Anwendung nach einmal erfolgter Annahme bei einem Kirchenbau. Wo sie dennoch an vereinzelten Säulen fehlt, liegt der Grund in der Übernahme aus älteren Bauten, in einer nicht mehr romanischen Ersetzung oder, wie an der einzigen Säule im äußeren Umkreise der Speierer Apsis, in der Verwendung antiker Überreste.[63]) Ein ganzes System von Säulen mit eckblattlosen Basen im Innern der Apsis kann

49) Die Apsiden-Konchen haben ferner kein Kämpfergesims, während die Mittelschiffsarkaden ein solches aus Platte und Schmiege besitzen. Auch beträgt der Rücksprung der Mittelschiffswand 0,30 gegen 0,10 in der Apsis. Das Arkadengesims hat im Mittelschiff seine ursprüngliche Gestaltung aus Platte und Schmiege bewahrt.

50) Meyer-Schwartau S. 125, Kapitel VI, Aufbau des Mittelschiffes; Dehio und v. Bezold Atlas Bd. II Tafel 188, 2.

51) Meyer-Schwartau S. 115, 117 IV.

52) Meyer-Schwartau S. 41 u. 95; bezw. Dehio u. v. Bezold Bd. I S. 464.

53) Meyer-Schwartau S. 41 Anm. 41.

54) Meyer-Schwartau S. 95 u. Figur 36.

55) „prae magnitudine operis minus caute in Rheni fluminis littus extentam“. Meyer-Schwartau S. 41.

56) Meyer-Schwartau S. 95.

57) Meyer-Schwartau S. 95 Anm. 41.

58) Meyer-Schwartau S. 41 Anm. 42.

59) Meyer-Schwartau S. 96, 1 u. 99, 5.

60) Meyer-Schwartau S. 5 III Tafel 30; Geier und Görz Bl. 2 C u. F; Otte S. 220.

61) Meyer-Schwartau S. 96, 1; die schildlose Gestaltung des unverzierten Kapitells in Hersfeld rührt wohl davon her, daß die einem andern Landstriche angehörenden einheimischen Handwerker sich nur auf die ihrer Arbeitsweise geläufige Form eingeübt erwiesen. (Otte S. 224; Meyer-Schwartau S. 8 III.)

62) Auch die Auffassung des Würfels ist hier eine völlig veränderte. Meyer-Schwartau S. 99 u. Tafel XVI Figur 5.

63) Meyer-Schwartau S. 99 u. 102.

daher unmöglich mit einer durchgängig mit Eckverzierungen versehenen Außenarchitektur gleichaltrig sein.[64])

Die spätere Gestaltung der Außenseite hat eine spätere Ummantelung der Apsis zur unbedingten Voraussetzung.[65]) Infolge des Verputzes der Fensterwandungen zwar nicht mehr nachweisbar, ist sie doch bautechnisch sehr wohl möglich.

Von der Wandstärke von 4,76 m der Krypta unter der Apsis fallen 1,30 m auf die spätere Ummantelung.[66]) Die ursprüngliche Apsidenmauer darüber konnte natürlich nur auf der alten Kryptenmauer mit einem durch das Sockelgesims bedingten Rücksprunge aufstehen. Ihre Außenseite lag daher noch um diesen zu rund 0,40 m gerechneten Sockelrücksprung, also 1,70 m hinter der jetzigen ummantelten Kryptenmauer zurück. Ferner hat dieser letzteren gegenüber die gegenwärtige Apsidenmauer einen Rücksprung von 0,80 m.[67]) Mithin kann von der gegenwärtigen Apsidenmauer deren äußerer Teil in der Stärke von etwa 0,90 m einer späteren mauertechnisch vollkommen genügenden Verblendung angehören.

Nach Abzug dieser Ummantelung von 0,90 m von der gegenwärtigen Mauerstärke der Apsis mit 2,35 m[68]) bleiben für die ursprüngliche Anlage fast $1^1/_2$ m übrig — beinahe also das bei den übrigen Teilen des Gründungsbaues zur Anwendung gebrachte Maß.[69]) Der bestehende Unterschied findet seine sachgemäße Erklärung in der jede unnötige Belastung verbietenden Unsicherheit des Baugrundes gerade unter der Apsis, umsomehr als die Stärke von $1^1/_2$ m sicherlich für die Halbkuppelwölbung der letzteren ausreichte.

Nach den von Benno v. Osnabrück bewerkstelligten Schutzarbeiten konnte sodann zu einer Verstärkung und Ummantelung von Apsis und Krypta geschritten werden, freilich nach den bis in die Gegenwart fortdauernden Senkungen und Rissen auch jetzt noch zu vertrauensselig.

Das Ergebnis der bisherigen Erörterungen ist somit folgendes: In allen Teilen des ersten Bauabschnittes, in der Krypta, der Chorapsis und dem Querhause, tritt das Bestreben nach einer lebensvollen Gliederung der Wandflächen mit konchenartigen Nischen und vornehmlich mit Blendarkaden hervor. Bei der Vollendung des Baues durch Hinzufügung des Langhauses blieb Heinrich IV. gar keine andere Wahl als das gleiche Verfahren. Sonst wäre sein Bau ein kahler und lebloser Rückschritt gewesen. Die Vergangenheit und nicht der ausschauende Blick in die Zukunft der Gewölbebasilika war daher das Leitmotiv bei der in Rede stehenden ursprünglichen Gliederung des Langhauses in Speier.

64) Es ist eigentümlich, daß Meyer-Schwartau S. 102 diese Eckverzierung nicht für die spätere Entstehung der Außenseite gelten lassen will, obgleich er sie bei Hersfeld als entscheidend für eine derartige Erbauung des Mittelschiffes (S. 10, IV) hinstellt.
So gut wie die Außenseite in Speier können auch die Gliederungen der Ostapsiden in Mainz (Meyer-Schwartau S. 18) und Worms (Meyer-Schwartau S. 23) Nachbildungen aus späterer Zeit sein.

65) Remling, Dom S. 162 u. 163.

66) Meyer-Schwartau S. 82.

67) Meyer-Schwartau S. 97 u. 98, 5 Tafel XVI, 5. In diesen ungewöhnlich großen Rücksprung fallen die Halbsäulen und lisenenartigen Vorsprünge der äußeren Apsis.

68) Meyer-Schwartau S. 102.

69) Siehe S. 433 Anm. 19. Diese Teile sind doch viel eher zum Vergleich heranzuziehen, als die Mauerstärken gleichzeitiger anderer Kirchen, wie des Mainzer Ostchors, Meyer-Schwartau S. 102.

VII.

Heinrich IV. soll schließlich bei dem von ihm ausgeführten Umbau auch das Querhaus bereits mit einem rippenlosen Gewölbe ausgestattet haben.

Der Beweis wird folgendermaßen geführt: die gegenwärtigen Rippengewölbe der Kreuzesflügel aus dem dritten Bauabschnitt haben nur an den vier Außenecken eine zweckentsprechende, mithin gleichzeitige Unterlage. Die langen und schmalen Lisenen an der Ostseite neben der Vierung und die Viertelsäulen an der Westseite neben derselben kennzeichnen sich — weil sie außerdem noch die Blendarkaden der Wand zu tragen bestimmt sind — dagegen augenscheinlich als ein aus früheren Bauzeiten herübergenommener Notbehelf. In unmittelbarem Zusammenhange mit den Osttürmen gehören die Lisenen dem Ursprungsbau an. Um ihrer abweichenden Form willen müssen daher die Ecksäulen einer späteren Bauzeit — also dem allein dazwischenliegenden Zeitalter Heinrichs IV. und Bennos v. Osnabrück — entstammen. Die veränderte Wahl der Säulenform ist aber nur aus der gleichzeitigen Aufnahme eines rippenlosen Kreuzgewölbes auf der Deckplatte des Kapitells erklärlich.[70])

Einer Einwölbung der Kreuzflügel durch Heinrich IV. gegenüber würde anstandslos auch diejenige des Mittelschiffes zuzugeben sein. Allein beides, sowohl die spätere Bauzeit wie die angegebene Zweckbestimmung dieser vorgelegten Viertelsäulen, dürfte sich kaum aufrecht erhalten lassen.

Die den Triumphbogen des Mittelschiffes tragenden Kreuzesvorlagen bleiben mit einer Stärke von 1,75 m um 0,40 m hinter den gegenüberliegenden Trennungsbogen von Querhaus und Seitenschiffen zurück.[71]) Die Verstärkung dieser letzteren ist unzweifelhaft bei Gelegenheit der Einwölbung der Seitenschiffe hinzugefügt.[72]) Da diese letztere indes spätestens aus den Bauunternehmungen Heinrichs IV., vielleicht sogar aus dem weiteren Verlaufe der Gründungszeit herrührt,[73]) so müssen die Vierungspfeiler selbst und mithin die augenscheinlich in ursprünglichem Verbande[74]) stehenden Viertelsäulen unbedingt dem Ursprungsbau angehören. Dieselbe Bauausführung wechselte öfters mit den verschiedenen zur Erreichung des gleichen Zweckes zu Gebote stehenden Mitteln ab. Symmetrie ist nicht das oberste vom romanischen Stil aufgestellte Gesetz.

Die Aufgabe des Kapitells der Halbsäule bestand vielmehr, wie bei den gegenüberliegenden Lisenen, in der Aufnahme des Nischenbogens, denn das Querhaus war schon beim Gründungsbau nach dem Vorbilde von Limburg mit Blendnischen ausgestattet.[75]) Für den Gewölbefuß eines rippenlosen Gewölbes blieb, ganz abgesehen von der ästhetisch unschönen und ungewöhnlichen Doppelbestimmung, auf der Deckplatte nur derselbe unzulängliche Platz übrig wie für die späteren Schild- und Rippenbögen.

70) Meyer-Schwartau S. 114, 115, 119, 136.

71) Meyer-Schwartau S. 117.

72) Meyer-Schwartau S. 117.

73) Meyer-Schwartau S. 129, 130 u. 136; Dehio und v. Bezold Bd. I S. 463.

74) Meyer-Schwartau S. 114.

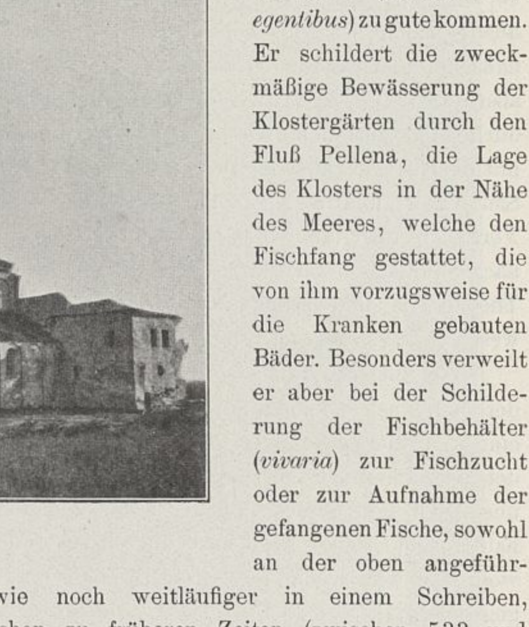
75) Meyer-Schwartau S. 117, 4.

Sa. Maria in Roccelletta.

Die Mitteilungen auf Seite 429 und 629 des Jahrganges 1903 der Zeitschr. f. Bauwesen machen den Leserkreis mit den Resten einer großartigen Kirchenanlage an der Küste des ionischen Meeres in unmittelbarer Nähe des alten Squillacium bekannt. Der erste Berichterstatter hat nachgewiesen, daß es sich bei diesem Bau um die Reste einer Klosterkirche handelt, und glaubt etwa das 12. Jahrhundert als Bauzeit für dieselbe annehmen zu müssen. In der zweiten Mitteilung erklärt sich dagegen ein Sachverständiger wie Strzygowski wieder mit der Ansicht französischer und italienischer Forscher einverstanden, die den Bau etwa der Zeit vom 4. bis 6. Jahrhundert zugewiesen haben. Einer der letzteren, Caviglia (vgl. S. 440 Jahrg. 1903), glaubt sogar das Bauwerk noch genauer in die zweite Hälfte des 6. Jahrhunderts in die Zeit von 550 bis 600 setzen zu können.



Abb. 1. San Apollinare in Classe.



Wenn man nun einen Klosterbau aus dieser Zeit bei Squillacium behandelt, so ist es auffallend, daß bis dahin derjenigen Klostergründung aus der zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts noch mit keinem Worte gedacht ist, deretwegen dieser weltentlegene Ort im fernen Kalabrien, früher Bruttien genannt, wohl einmal im Laufe der Weltgeschichte überhaupt erwähnt wird. Nach Scylacium (Squillacium, Squillace) zog sich nämlich der Vertraute und Ratgeber des großen Ostgotenkönigs Theoderich und seiner Nachfolger Cassiodorus Senator, der unter diesem König die höchsten Staatsämter bekleidet hatte, etwa im Jahre 540 zurück, nachdem das von Theoderich gegründete Reich unter dem Ansturm Belisars und seines Heeres in Trümmer gegangen war. Cassiodor, damals im Alter von 50 bis 60 Jahren stehend (sein Geburtsjahr wird verschieden zwischen 480 und 490 angegeben), sah damit auch die Erfolge seiner bisherigen Lebensarbeit vernichtet. Er hatte versucht die Römer für die Herrschaft der Goten zu gewinnen und aus beiden Völkern eins zu machen. Jetzt standen aber diese beiden Völker mit den Waffen in der Hand einander gegenüber. Welchem sollte er, selbst ein Römer, sich anschließen? Er zog sich daher vom weltlichen Leben ganz zurück, um in dem von ihm gebauten Kloster Vivariense bei Scylacium noch verschiedene Jahrzehnte seines Lebens, abgeschieden von der Welt und nur mit wissenschaftlichen Studien beschäftigt, zuzubringen. Nach einigen soll er 92, nach anderen über 100 Jahre alt geworden sein. Er verfaßte hier in klösterlicher Ruhe eine Reihe von umfangreichen Schriften, welche vorzugsweise zur Ausbildung von Geistlichen bestimmt waren, und welche während des ganzen Mittelalters viel gelesen und als Richtschnur in den Klöstern benutzt wurden. Ferner sorgte er durch Aneiferung und eigenes Beispiel für gute Abschriften der alten Schriftsteller und legte so den Grundstein zu der früher hochberühmten Bibliothek des Klosters. Ob er nun selbst ein Benediktinermönch und Abt gewesen ist, wie die Angehörigen dieses Ordens behaupten, oder nicht, mag dahingestellt bleiben. Später wurde er heilig gesprochen.

In einer seiner verbreitetsten Schriften, der Anweisung zum Studium geistlicher Wissenschaften (*Institutiones divinarum litterarum* cap. 29) schildert er nun einiges aus seinem Kloster, aber nicht etwa die von ihm gebauten stattlichen und prächtigen Gebäude, sondern mit christlicher Demut nur diejenigen Einrichtungen, welche außer den Mönchen auch den Pilgern und Bedürftigen (*peregrinis et egentibus*) zugute kommen. Er schildert die zweckmäßige Bewässerung der Klostergärten durch den Fluß Pellena, die Lage des Klosters in der Nähe des Meeres, welche den Fischfang gestattet, die von ihm vorzugsweise für die Kranken gebauten Bäder. Besonders verweilt er aber bei der Schilderung der Fischbehälter (*vivaria*) zur Fischzucht oder zur Aufnahme der gefangenen Fische, sowohl an der oben angeführten Stelle wie noch weitläufiger in einem Schreiben, welches er schon zu früheren Zeiten (zwischen 533 und 537) als Präfekt an den Kanzler (Cancellarius) über Lukanien und Bruttien erlassen hatte. Er nennt diese Fischbehälter daselbst neptunische Gefängnisse, welche er aus dem Innern der Felsen des Berges Moscius habe aushöhlen lassen, um die wirbelnden Fluten des Nereus in sie einzuführen.[1]) Bei der Bedeutung, die Cassiodor diesen Fischbehältern oder Vivarien beilegt, ist es begreiflich, wenn man allgemein den Namen des Klosters Vivariense von diesen Vivarien ableitet. Die Beschreibung der eben angeführten Einrichtungen in seinen Institutiones schließt mit den Worten an seine Mönche: „Aber dies, wie ihr wißt, stellt die Freude am Irdischen dar, nicht die zukünftige Hoffnung der Gläubigen. Das eine ist vergänglich, das andere bleibend ohne Ende." Um so begreiflicher ist es daher, wenn Cassiodor die prächtigen Gebäude des Klosters überhaupt nicht schildert. Nun ist aber als gewiß anzunehmen, daß Cassiodor sein Kloster bei Squillacium mit

1) Cass. Sen. Var. XII 15 *ad pedem siquidem Moscii montis saxorum visceribus excavatis fluenta Nerei gurgitis decenter immisimus.*

reichen jährlichen Einkünften und prächtigen Gebäuden ausgestattet habe,[2]) denn er war aus der Provinz Bruttium, vielleicht aus Squillacium selbst gebürtig, zu dem er sich nach dem oben genannten Schreiben durch Heimatsliebe (*patriotica affectione*) hingezogen erklärt. Seine Familie war daselbst hoch angesehen. Sein Vater war Statthalter von Lukanien und Bruttien gewesen, ein Vorfahr hatte beim Einfall des Geiserich die Vandalen von Bruttien und Sizilien mit bewaffneter Hand abgehalten, ein anderer war als Gesandter der Römer zu Attila geschickt worden. Cassiodor selbst wurde wegen der Verdienste seines Vaters als noch ganz junger Mann Richter und später auch wohl Statthalter in denselben Provinzen wie sein Vater. Er muß hier auch Großgrundbesitzer gewesen sein, denn Theoderich rühmt, als er Cassiodor in den römischen Senat einführt, seine Pferdeherden, welche diejenigen aller anderen überträfen und ständig zur Ausrüstung des gotischen Heeres dienten.[3])

Der Schluß also, daß ein so großartiges und prächtiges Bauwerk, wie es die Abb. 6 auf S. 434 v. J. zeigt, von Cassiodor bei seiner Heimatstadt für seine Mönche errichtet worden sei, dürfte daher wohl gerechtfertigt erscheinen, vorausgesetzt, daß die angewandten Kunstformen in die angegebene Zeit, also etwa in die Mitte des 6. Jahrhunderts passen. Dies dürfte aber zutreffend erscheinen, wenn man die Kunstformen mit denen ravennatischer Bauten aus dem 6. Jahrhundert, z. B. San Vitale und S. Apollinare in Classe vergleicht. Dieser Vergleich liegt um so näher, als Cassiodor, bevor er sich nach Squillacium zurückzog, etwa vier Jahrzehnte als Minister Theoderichs und seiner Nachfolger in Ravenna tätig gewesen war.

Das lebhafte Interesse, das sein König an den Werken der Baukunst bekundet und das der Unterzeichnete schon einmal früher geschildert hat,[4]) findet außerdem gerade in den von Cassiodor verfaßten Regierungserlassen, von denen uns zwölf inhaltsreiche Bücher unter dem Namen Variae erhalten sind, seinen Ausdruck, und dieses Interesse ist daher wohl von dem König auf seinen Minister und Sekretär übergegangen.

Im einzelnen erinnern nun die großen Fenster- oder Nischenbögen auf Abb. 6 S. 434 und Abb. 2 S. 430 lebhaft an die Bogenstellungen sowohl des Hauptschiffes (Lichtgaden) als des Nebenschiffes bei S. Apollinare in Classe, von denen v. Quast in seinem Werke über Ravenna[5]) (Bl. X Fig. 3) eine gute Abbildung gibt. Bei beiden Bauten legen sich mehrere, von dünnen, langen Ziegelsteinen gebildete Wölbschichten über die Öffnungen oder Nischen, und diese sind so nahe aneinander gerückt, daß zwischen denselben nur schmale Pfeiler verbleiben, so daß sich für die Ansicht eine schön und reich wirkende, mit den einfachsten Mitteln hergestellte Arkadenreihe ergibt. Bei der hier gegebenen Abb. 1 von S. Apollinare in Classe ist leider von den Doppelbögen über den Fenstern der untere schwer zu sehen. Die Fenster sowohl des Haupt- wie des Nebenschiffes sind an der Nordseite der Kirche, wie die Abbildung zeigt, fast sämtlich bündig mit der zurückgesetzten Wandfläche zugemauert und dann überweißt, so daß der untere Bogen kaum wahrzunehmen ist. Wenn aber bei der ravennatischen Kirche später annähernd die Hälfte aller Fenster zugemauert ist, so hat ein gleiches Schicksal die Fenster der kalabrischen Kirche betroffen, wie Abb. 2 auf S. 430 Jahrg. 1900 nachweist. Nur ist bei der letzteren ein Fenster um das andere vermauert, während bei S. Apollinare die Fenster auf der einen Gebäudehälfte geschlossen sind. Daß es sich bei der Roccelletta um zugemauerte Fensteröffnungen, nicht um ursprünglich angelegte Nischenbögen handelt, beweist das zweite Fenster von links auf S. 430, wo die Ausmauerung zum Teil herausgefallen ist. Der Grund für die geschehene Schließung der Fenster der beiden Kirchen ist aus der hier gegebenen Abb. 2 leicht abzuleiten. Dieselbe gibt einen jetzt im Museum in Ravenna aufbewahrten Holzrahmen, wie er einer der vermauerten Fensteröffnungen von S. Apollinare vor einigen Jahren entnommen ist. Bei diesem Holzrahmen des 6. Jahrhunderts nimmt das breite Holzwerk mindestens die Hälfte der Lichtfläche des Fensters fort. In die breiten Falze waren ursprünglich Alabastertafeln eingelegt, wie man sie in sehr alten italienischen Kirchen ab und zu noch heute findet, z. B. in einer der Kirchen des Klosters Gerusalemme zu Bologna. Die mindestens 2 bis 3 cm starken Alabasterplatten lassen aber auch nur sehr wenig Licht durch, und es ist daher sehr begreiflich, wenn die Baumeister des 6. Jahrhunderts, mit Holz und Alabaster arbeitend, die ganzen Wandflächen in Fenster aufzulösen suchten, um ausreichendes Licht zu erhalten. Die Holzrahmen waren nun an und für sich ein recht vergängliches Material und eigneten sich außerdem sehr wenig zur Herstellung des Halbkreisbogens der Fenster, wie dies Abb. 2 ohne weiteres nachweist. Es ist daher leicht zu erklären, daß man in späterer Zeit in bekannter Weise zu Eisen, Blei und Glas für die Fenster überging, dann konnten aber bei besserer Lichtdurchlässigkeit der Fensterflächen diese, wenigstens in Italien, bedeutend eingeschränkt werden. Dies wird als Grund anzusehen sein, warum sowohl bei der Roccella wie bei S. Apollinare die Hälfte der Fenster nachträglich zugemauert wurde. Die ungemein großen, später zugemauerten Fensterflächen weisen damit aber die Roccella durchaus in die früheste Zeit der Kirchenbauten, da man noch die Fenster mit Holz und Alabaster ausstattete.

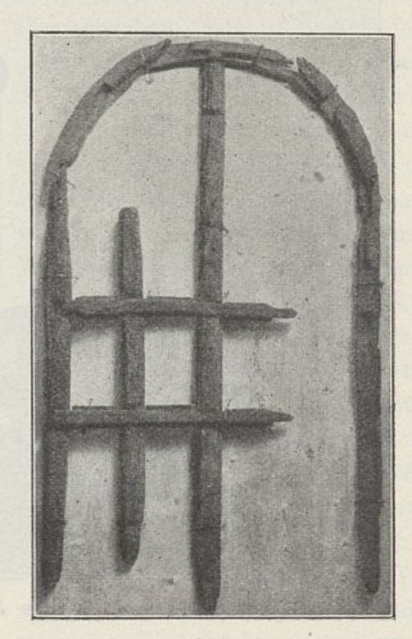


Abb. 2.

---

2) Garetius versichert dies gleichfalls in der Einleitung zu seiner Ausgabe des Cassiodor (Venedig 1729, S. 19) *annuos certe reditus superbissimis aedificiis respondisse copiosissimos non dubitanter affirmaverim.*

3) Cass. Sen. Var. I, 4 . . . *ut (Cassiodorus) equinis gregibus principes vinceret. hinc est, quod candidatus noster Gothorum semper armat exercitus.*

4) Zentralbl. d. Bauverwalt. 1898. S. 208.

5) v. Quast, Die altchristlichen Bauwerke von Ravenna. Berlin 1842.

Foderaro führt in seiner auf S. 430 angeführten Schrift, die er auch dem Unterzeichneten auf sein Ersuchen gütigst überlassen hat, aus, daß die Roccella früheren Jahrhunderten entstamme und einmal einen Erneuerungsbau durchgemacht habe. Er schließt dies in gewiß zutreffender Weise aus der Verschiedenartigkeit des Mauerwerks an der Vorder- und Langseite (Abb. 1 und 2 auf S. 430), wo sich unten einheitliche Ziegelverblendung zeigt, während oben das Mauerwerk vielfach mit Werksteinen durchsetzt oder ganz aus denselben umziehen (vgl. Abb. 3). Hier wie dort wird das mit einem größeren Durchmesser hergestellte Hauptgewölbe durch Quertonnen kleineren Durchmessers durchbrochen. Bei letzteren ist der Scheitel durch Stelzung so hoch gerückt, daß die sich bildenden Grate annähernd bis zum Scheitel des Hauptgewölbes hinanlaufen. Man vergleiche die hierdurch bedingte Ähnlichkeit der Gratführung in den beiden Abbildungen.

Auf Abb. 2 S. 430 fällt ferner der kleine niedrige Chorbau auf, der sich an das breite und hohe balkengedeckte



Abb. 3. San Vitale in Ravenna. Gewölbe eines Seitenschiffes am jetzigen Haupteingang.

hergestellt ist. Diesen Erneuerungsbau glaubt Foderaro, gleichfalls wohl in zutreffender Weise, in die Normannenzeit setzen zu dürfen. Der Graf Roger habe gewiß die aus früheren Jahrhunderten stammende und später bei etwaigen Überfällen zerstörte und verbrannte Kirche wieder herstellen lassen, bevor er sie den auf S. 442 gegebenen Urkunden gemäß mit Gütern und Einkünften ausstattete. Die Zumauerung der Hälfte der Fenster wird dann voraussichtlich demselben Erneuerungsbau und derselben Zeit angehören, wie die Aufmauerung auf den Kirchenwänden. Die Ausführung der inneren Überwölbung bei Sa. Maria in Roccelletta, wie sie in Abb. 3 auf S. 431 dargestellt ist, findet ferner ihr Gegenstück in den Gewölben, welche ringförmig die Konchen von S. Vitale Kirchenschiff anschloß. Ebenso weist die Abb. 1 für S. Apollinare einen verhältnismäßig kleinen, gewölbten Chor bei einem weiten balkenbedeckten Kirchenschiff auf. Die Schiffsweite wird bei der Roccella zu 15 und bei S. Apollinare zu 14,4 m angegeben.

Der Chor der Kirche ist bei S. Apollinare wie bei der Roccella um einige Stufen gegen das Kirchenschiff erhöht. Zwei schmale Treppen führen bei beiden seitlich zu dem Raume unter dem Chore hinab, sei dieser nun eine richtige Krypta oder nur eine einfache kleine Confessio. Groeschel erwähnt S. 444, daß die Mauertechnik der Roccelletta römische Überlieferungen verrate. Dagegen ist schon v. Quast gerade bei S. Apollinare in Classe und bei S. Vitale (a. a. O. S. 33)

zu demselben Ergebnis gekommen: „Überhaupt erinnert das Mauerwerk dieser beiden Kirchen an das altrömische und zwar im Gegensatze von allen übrigen, meist älteren Ravennater Gebäuden.“ Wenn schließlich das Obergeschoß von Sa. Maria in Roccelletta eine Kleinbogenstellung oder eine Art von Blendarkaden zeigt, so finden sich diese in Ravenna im 6. Jahrhundert auch vor. Ich erinnere nur an die ausgekragten Arkaden an dem Reste des Theoderichpalastes, der unter anderen bei Mothes[6]) abgebildet ist, und an das Grabmal Theoderichs. Bei letzterem sind die ehemals vorgelegten Arkaden selbst zwar nicht mehr vorhanden, wohl aber zeigen sich an der aufgehenden Mauer des Hauptbaues so deutlich Spuren der früheren Anlage, daß sie allgemein als ehemals vorhanden angenommen und vielfach in Wiederherstellungsversuchen ergänzt wird. Es dürfte daher nicht nötig sein, bei diesen Kleinbogenstellungen sich entweder wie bei Groeschel an oberitalienische Bauten späterer Zeit, oder wie bei Strzygowski an syrische Bauten des 6. Jahrhunderts erinnert zu fühlen, so leicht auch gerade für Cassiodor ein Zusammenhang mit Syrien nachzuweisen wäre. Denn seine Familie stammt dem Namen nach ursprünglich aus der Gegend von Antiochia[7]), und da sie noch zu den Zeiten Theoderichs durch hochgestellte Personen im Oriente vertreten war, so preist dieser das Geschlecht der Cassiodore darum, daß es in beiden Weltteilen hochberühmt sei (*genus in utroque orbe praeclarum* Var. I, 4).

Nach allen diesem wird es wohl gerechtfertigt erscheinen, die besprochene Klosterkirche nicht nur in Übereinstimmung mit italienischen und französischen Schriftstellern in das 4. bis 6. Jahrhundert zu verweisen, sondern sie genauer in die zweite Hälfte des 6. Jahrhunderts zu setzen und als Kirche von Cassiodors Kloster Vivariense zu bezeichnen. Über den Namen von Cassiodors Kloster sei noch bemerkt, daß es außer der Bezeichnung Vivariense auch noch den Namen Castelliense vom Berge Castelli[8]) führt. Übersetzt man aber das lateinische Wort Castelli ins heutige Italienische, so wird die entsprechende Bezeichnung etwa *della rocca*, *roccella* oder *roccelletta* lauten, und dies ist ja gerade der Beiname der hier besprochenen Klosterkirche.

Ein Ort, *castrum* genannt, lag in der Nähe von Vivariense auf klösterlichem Gebiet, was zufällig dadurch bekannt ist, daß die Einwohner von *castrum* den Mönchen den Grundzins nicht zahlen wollten.[9]) Ein Ort, der *castrum* genannt wird, muß aber auch hier in der Nähe der Klosterkirche zwischen Catanzaro und Squillace nach der Anführung von Ughelli auf S. 442 liegen. An erhöhter Stelle, nicht weit vom Meere[10]) und an einem Flusse zwischen Gärten lag Vivariense, während die besprochene Klosterkirche nach S. 429 gleichfalls nicht weit von der Küste auf ansteigendem Gelände zwischen Oliven-, Feigen- und Orangenbäumen in der Nähe des Flusses Corace liegt. Also auch dieses stimmt. Der Name des alten Flusses Pellena ist dagegen so gänzlich verschwunden, daß man lange Zeit nicht wußte, in welchem Teile Italiens man diesen Fluß überhaupt zu suchen habe.[11]) Der oben genannte Bendictiner Garetius führt ferner nach Cassiodors eigenen Worten[12]) an, daß schon zu dessen Zeiten sich Mönche aus dem Klosterleben in Vivariense zurückgezogen hätten, um ein Anachoretenleben auf dem unmittelbar dabeiliegenden Berge Castelli zu führen. Nach diesem Gewährsmann erklärt sich hierdurch der Doppelname des Klosters, vielleicht erklärt sich hierdurch aber auch der sonderbare zweigeteilte Grundplan der Kirche (vgl. S. 431 des vorigen Jahrgangs).

Wenn vielfach neben dem Kloster eine Paläapolis genannt wird, so wird hier wohl die Paläapolis (Altstadt) von Squillacium gemeint sein, welches sich auch noch Caviglia (vgl. S. 447) bis hierher ehemals erstreckt haben soll. Die Bezeichnung Paläapolis paßt um so mehr für das alte Squillacium, als für dieses nach Cassiodor (Var. XII, 15) die Gründung schon durch Ulisses „den Zerstörer Trojas“ angenommen wurde.

Nach Garetius[13]) diente das Kloster Vivariense viele Jahre lang den Benedictinern, darauf den Basilianern als Wohnsitz, welch letztere von dort „entweder Kriege oder der Wechsel der Zeit oder die für ganz Kalabrien so verderblichen Einfälle der Mauren und Sarazenen vertrieben“. Dies mag der Grund sein, daß das alte Kloster in Vergessenheit geriet und daß man dann erst vom Jahre 1094 ab (vgl. S. 442) von einem anderen Kloster an dieser Stelle hört, welches die Bezeichnung Sa. Maria de rokella apud paleapolim führt. Es würde sich dies auch gut mit der Ansicht Strzygowskis vereinen, welcher (S. 633) ausspricht, daß es sich bei der Roccella vielleicht „um die Kirche eines Klosters des kleinasiatischen Basilianerordens“ handelt.

Es dürfte daher so vieles dafür stimmen, in der Klosterkirche Sa. Maria della Roccelletta Reste des von Cassiodor selbst erbauten Klosters Vivariense zu erkennen, daß man diese Behauptung so lange getrost aufrecht erhalten darf, bis überzeugend das Gegenteil nachgewiesen ist. Die baugeschichtliche Bedeutung dieser Kirchenruine, mit der sich schon so manche Forscher beschäftigt haben, wird aber nur um so höher zu bewerten sein, wenn die hier gegebenen Ausführungen richtig sind. Denn dann handelt es sich hier nicht nur um einen Bau, der mit der Person des Kanzlers oder Ministers des ersten germanischen Königs in Italien und mit der damaligen Zeitgeschichte in unmittelbarer Verbindung steht, sondern auch um eine Klosterkirche aus sehr früher Zeit, welche voraussichtlich für viele spätere Bauten ebenso vorbildlich geworden ist, als Cassiodors Vorschriften später vielen Mönchsorden zur Richtschnur dienten. Hierauf mag es zurückzuführen sein, wenn der Grundplan der Roccella viele Ähnlichkeiten mit Klosterkirchen späterer Zeit aus Frankreich darbietet, wie dies von dem mehrfach genannten Herrn Berichterstatter auf Seite 446 näher dargelegt ist.

Magdeburg. Prieß.

6) Mothes, Die Baukunst des Mittelalters in Italien (S. 191).

7) Nach Mommsens Vorrede (*prooemium*) zu Cass. Sen. Var. in den Mon. Germ. pag. VII.

8) Hartmann in seiner Ausgabe der Briefe Gregors d. Gr. in den Mon. Germ. S. 32. *Hoc monasterium a Cassiodoro conditum in civitate Squillacio situm erat. Aut Vivariense ob vivaria aut Castelliense ab monte Castelli appellatur.*

9) Greg. magn. epist. VIII, 32.

10) Inst. div. litt. cap. 29. subjacent vobis maria.

11) Garetius a. a. O., Einleitung § 7.

12) Inst. div. litt. cap. 29. *Habetis montis Castelli secreta suavia ubi velut Anachoretae prastante Domino feliciter esse possitis.*

13) a. a. O. S. 19.

Untersuchungen über die Wirkung der Strömung auf sandigen Boden unter dem Einflusse von Querbauten.

Vom Professor H. Engels in Dresden.

(Mit Abbildungen auf Blatt 46 bis 48 im Atlas.)

1. Buhnen.

Wenn eine bei Flußregelungen notwendige Breitenbeschränkung durch Buhnen bewirkt wird, so kommt es darauf an, die Buhnen so anzulegen, daß sie zwischen sich eine solche Verlandung bewirken, daß in der Streichlinie ein neues Ufer gebildet wird oder doch ohne erhebliche Kosten ausgebaut werden kann. Das Endergebnis sollte dann ein solches sein, daß das neue Ufer eine fortlaufende Böschung darstellt, die auch nicht durch die Buhnenköpfe unterbrochen werden dürfte. Wenn wir bei unseren mit Buhnen ausgebauten Flüssen ein solches Neuufer in der Regel nicht aufzuweisen haben, so liegt das daran, daß man sich meistens darauf beschränkt, die Verlandung der Buhnenfelder der Strömungswirkung zu überlassen und nur ausnahmsweise dieser Verlandung durch Ablagerung von Baggerboden soweit zu Hilfe kommt, daß die Befestigung des neuen Ufers durch Deckwerke vorgenommen werden kann. Man sieht vielmehr meistens mit Recht den Erfolg der Buhnenbauten als eingetreten an, wenn durch die Verlandung den Buhnenkörpern und dem hinterliegenden Altufer ein Schutz gebildet und überdies die Strömung zwischen je zwei Buhnen in dem eigentlichen Flußbett zusammengehalten wird, so daß die beabsichtigte Bettausbildung eintritt.

Der Verlandungserfolg hängt unter sonst gleichen Umständen ab von der Richtung und Höhe der Buhnen, von der Form der Buhnenköpfe und von dem Abstande der Buhnen untereinander. Da nun die bedingenden sonstigen Umstände, wie Stromgefälle, Wasserführung, Eisgang, Beschaffenheit des Flußbettes, Sinkstoffe nach Art und Menge, Führung der Streichlinie in gerader, ein- oder ausbiegender Linie, sehr mannigfaltige sind, da die Bauweisen und Bauformen mit bedingt werden durch die Art der in Frage kommenden Baustoffe: so sehen wir nicht nur auf dem Gebiete des Buhnenbaues eine große Mannigfaltigkeit sondern auch eine ebenso große Verschiedenheit in der Wirkung der Buhnen. Angesichts der vielseitigen und langjährigen Erfahrungen, die man in diesem Zweige des Wasserbaus gemacht hat, könnte es überflüssig erscheinen, einen Beitrag zu der Frage über die Wirkungsweise der Buhnen zu liefern. Wenn man aber genauer zusieht und die Ansichten sowohl der Fachmänner als auch der Lehrbücher und des sonstigen Schrifttums über diesen Gegenstand einholt, dann kommt man zu der Überzeugung, daß selbst über die Wirkungen der Buhnen sehr auseinandergehende Meinungen herrschen und daß wir erst recht weit davon entfernt sind, die Naturvorgänge selbst, die diese Wirkungen veranlassen, vollständig zu erkennen. Man wird es mir erlassen, das Gesagte, was leicht sein würde, durch Beispiele zu belegen, und ich weiß mich auch darin des Einverständnisses der Fachgenossen sicher, daß die Grundlage, auf der unsere weitere Erkenntnis aufgebaut werden muß, nur durch Beobachtung der Naturvorgänge selbst und der von ihnen hervorgebrachten Wirkungen erlangt werden kann. Nun hat schon G. Hagen[1]) es ausgesprochen, daß die hier anzustellenden Beobachtungen im großen wesentlich dadurch erschwert werden, daß in den Strömen weder der Wasserstand noch die Geschwindigkeit dauernd dieselben bleiben, man also nicht mit Sicherheit angeben kann, unter welchen Umständen dieser und jener Erfolg eingetreten ist. Er hat daher, wie an genannter Stelle von ihm beschrieben, versucht, die Wirkungen der Buhnen dadurch zu prüfen, daß er in einem kleinen künstlichen Kanale die Ablagerung und das Abtreiben des Sandes beobachtete. Seine Einbauten bestanden aus metallenen dreiseitigen Pyramiden, die auf einer der drei Seiten ruhten und daher solche Werke vorstellten, deren Krone von der Wurzel nach dem Kopfe stark abfällt und im Flußbette ausläuft.

Leider macht Hagen keine Angaben über die von ihm gewählten Abmessungen, auch sind die mitgeteilten Versuchsergebnisse,[2]) wie er selbst hervorhebt, deshalb nicht einwandfrei, weil „während der Versuche manche Anomalien eintraten, woher die Wirkung sich nicht so gleichmäßig zeigte, wie die Zeichnung es angibt.“ Und doch sind es nur Versuche im kleinen, die hier zum Ziele führen können und das um so sicherer tun werden, je planmäßiger und folgerichtiger sie durchgeführt werden und je größer der Versuchsmaßstab genommen wird. Hagen sagt im Anschluß an seine eben erwähnten Versuche:[3])

> „Bei der großen Beweglichkeit des Wassers darf man wohl erwarten, daß die Wirkungen, die in dem kleinen Kanale beobachtet wurden, ungefähr denjenigen entsprechen, die in Strömen und Flüssen eintreten. Zwischen beiden zeigt sich in der Tat ein unverkennbarer Zusammenhang, doch darf man nicht unbeachtet lassen, daß die viel größeren Massen im letzteren Falle die inneren Bewegungen wesentlich fördern und demnach bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit auch viel auffallendere Wirkungen veranlassen.“

Daß gerade zu solchen Versuchen das Flußbaulaboratorium bestimmt ist, habe ich an dieser Stelle bereits ausgesprochen:[4]) es soll hauptsächlich ermöglichen, die Wirkungen des fließenden Wassers auf die Gestaltung der beweglichen Flußsohle mit und ohne Einwirkung von Flußbauwerken zu erforschen. Damals schon habe ich den Ausspruch Hagens angeführt, daß vorzugsweise die Erfolge derjenigen baulichen Anlagen noch sehr unsicher seien, welche die dabei beabsichtigten Zwecke nicht unmittelbar herbeiführen, die vielmehr das Wasser zu gewissen Wirkungen veranlassen sollen. Ich habe weiter den Hinweis Hagens auf die Buhnen wiedergegeben, daß die Erfahrung zwar auch bei ihnen zu manchen Regeln geführt habe, daß man aber noch keineswegs zur klaren

1) Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Auflage, 2. Teil 1. Band Seite 397.
2) a. a. O. Taf. XI Fig. 86.
3) a. a. O. S. 397.
4) Zeitschr. f. Bauw. 1900 S. 343 ff.

Einsicht in ihre Wirkungen und dadurch zur Entscheidung über ihre zweckmäßigste Anordnung gelangt sei. Nicht unterlassen möchte ich es endlich, auf die Ausführungen Rehbocks über den Zweck der Flußbaulaboratorien und ihre Bedeutung für Theorie und Praxis hinzuweisen.[5])

Die nachfolgend beschriebenen Versuche über die Wirkung von Buhnen wurden dadurch veranlaßt, daß ich bei Versuchen über das Verhalten der Weichselstrecke zwischen Kil. 140 und 148[6]) darauf geführt wurde, der Wirkung der hier befindlichen Buhnen besonders nachzugehen. Sehr bald erweiterte sich dieser anfänglich beschränkte Arbeitsplan zu einer größeren und umfassenden Untersuchung der bei Querbauten in strömendem Wasser auftretenden Wirkungen, die ich im Sommer 1902 begonnen und mit durch den Lehrbetrieb verursachten kurzen Unterbrechungen im Januar d. J. zu Ende geführt oder richtiger zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht habe. Zu einem vorläufigen Abschlusse: denn ich hoffe, daß meine Mitteilungen einen Meinungsaustausch veranlassen und mir neue Anregungen und Gesichtspunkte bringen und so nicht nur eine Fortführung meiner Versuche, sondern auch eine Wiederholung derselben in anderen Versuchsanstalten bewirken werden.[7])

Um die zu untersuchenden Buhnenwirkungen unter möglichst einfachen und möglichst klar zu übersehenden Verhältnissen zu erhalten — die Einführung weiterer Einflüsse würde die Aufgabe nur verwickelt haben und kann, wenn angezeigt, besonderen späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben —, wurden die Buhnen (Abb. 1 bis 5 Bl. 46) in einer geradlinien Flußstrecke und nur an einer, der rechten, Uferseite eingebaut. Indem die mit Buhnen verbaute Uferstrecke auf den mittleren Teil des Gerinnes, von Stat. 6 bis Stat. 9, beschränkt wurde, wurden die störenden Einflüsse sowohl des Zuflusses als auch des Abflusses erheblich abgeschwächt. Um sie ganz zu beseitigen, machte sich jedoch noch eine besondere Anordnung zunächst am oberen Einlaufe notwendig. Wegen der sehr kleinen Abmessungen der Vorkammer kann das Wasser, falls es in größerer Menge in das Gerinne eintritt, nicht genügend beruhigt werden, so daß dann tiefe Auskolkungen des Sandbettes am Anfange der Flußstrecke hervorgerufen werden. Da nun aber, wie man weiter sehen wird, der Wert und das Wesen der Versuche darin besteht, daß sie sämtlich unter genau den gleichen äußeren Umständen ausgeführt werden müssen, um unter sich vergleichbar zu sein, diese Auskolkungen aber trotz größter Sorgfalt und Vorsicht bei der Ausführung der Versuche jedesmal ein verschiedenes Gepräge zeigten, so kam es darauf an, dieselben möglichst zu verhindern. Das ist dadurch geschehen, daß, wie Abb. 1 Bl. 46 zeigt, unmittelbar am oberen Einlaufe unter dem Sandbette ein sich allmählich verlaufendes Grundbett aus Grobkies angeordnet wurde. Überdies wurde durch die Einfügung eines schwimmenden Brettes bei *a* eine weitere Beruhigung des Wassers in der Vorkammer herbeigeführt. Am unteren Auslaufe machte sich, worauf auch Rehbock[8]) hingewiesen hat, der Rückstau störend bemerklich, der durch die Querrippen des Sandfanges hervorgerufen wurde. Diesen Rückstau habe ich einfach dadurch beseitigt, daß ich dem Gerinne ein größeres Gefälle gab als der Bettsohle (vgl. Abb. 1 Bl. 46), so daß die Bettschicht, die oben stets mit 10 cm Stärke beginnt, nach unten an Stärke entsprechend zunimmt. Das bringt auch den weiteren sehr beachtenswerten Vorteil mit sich, daß die Sandwanderung durch die untere Abschlußrippe *r* nicht behindert wird.[9])

Während das Gerinne ein Gefälle von 0,00893 erhielt, erschien es zweckmäßig, das Sandbett mit einem solchen Gefälle einzubauen, daß sich unter der Wirkung des strömenden Wassers die entsprechenden Gleichgewichtsgefälle von selbst ausbildeten. Auf Grund von Vorversuchen wurde deshalb bei jedem Versuche die Sandschicht nach einem Gefälle von 0,00234 abgeglichen, das sich während des Durchflusses durch Auswaschung oben und Ablagerung unten im Mittel auf 0,00126 verminderte.

Die in das Gerinne eingebrachte Sandschicht bestand aus gesiebtem und ausgewaschenem Elbsande von folgender durch sorgfältige Siebversuche ermittelten Zusammensetzung. In 200 cbcm sind enthalten:

50 cbcm	Sand mit einer Korngröße von	1,20 mm
92 „	„ „ „ „ „	0,95 „
36 „	„ „ „ „ „	0,50 „
18 „	„ „ „ „ „	0,30 „
4 „	„ „ „ „ „	0,10 „
	mittlere Korngröße	0,76 mm.

Bei der geringen Größtwassermenge von 30 sec/l konnte die besonders wichtige hohe Überströmung der Buhnen nur durch eine möglichst weitgehende Einengung des Durchflußquerschnittes herbeigeführt werden. Es wurde daher (Abb. 2 und 3 Bl. 46) das mit Schrotsäckchen befestigte linke Ufer hochwasserfrei angelegt und so weit vorgeschoben, daß zwischen ihm und den Buhnenköpfen eine N.W.-Breite von 76 cm verblieb. Die Buhnen selbst aber wurden so tief eingebaut, daß ihre Krone am Kopf auf N.W.-Höhe gleich 2,7 cm über Bettsohle zu liegen kam und sie bei H.W. bei einer Kronenneigung 1 : 50 im Mittel 3,5 cm hoch überströmt wurden. Hierbei stürzte aber das vor den Buhnen angestaute Wasser sehr heftig über die Kronen

5) Zeitschr. f. Bauwesen 1903 S. 103 ff.

6) Zentralbl. d. Bauverw. 1901 S. 50.

7) Bei den nachfolgenden Ausführungen setze ich die Bekanntschaft mit meiner vorerwähnten Beschreibung des hiesigen Flußbaulaboratoriums (S. 343 Jahrg. 1900 d. Zeitschr.) voraus und verweise behufs etwaiger Erläuterungen auf die angegebene Quelle.

8) a. a. O. S. 117.

9) In dieser Weise arbeite ich schon einige Jahre, ohne daß ich das Gefälle der Rinne verändere: ich bewirke vielmehr die Gefälleänderung lediglich durch die Neigung der Sandschicht, selbstredend unter entsprechender Stellung der Abflußklappe *k*. Das hat mir den Gedanken nahe gebracht, bei einer etwaigen neuen Anlage — die wegen der unzureichenden Länge meines Gerinnes in absehbarer Zeit nötig werden wird — die bewegliche eiserne Rinne durch einen festen Kanal zu ersetzen. Nach meinen bisherigen Erfahrungen braucht man auf Gefälle von mehr wie 0,01 nicht Rücksicht zu nehmen. Ich stelle daher hiermit für etwaige Neueinrichtungen den Vorschlag zur Erwägung, anstatt eines beweglichen Gerinnes einen festen Kanal mit etwa dem genannten Gefälle anzulegen und die Gefälleänderung lediglich durch die Sandschicht zu bewirken. Nehme ich dabei die von Rehbock mit Recht vorgeschlagene, da genügende, Kanaltiefe zu 30 cm an, dann würde bei 2000 cm Kanallänge und bei wagerechter Kanaloberkante die größte Kanaltiefe am unteren Ende sich zu 50 cm ergeben, von der mindestens 10 cm für die Sandschicht in Abzug zu bringen sein würden. Daß eine festliegende Gerinneoberkante, namentlich wenn sie genau wagerecht liegt, für alle Messungen von großem Vorteile sein würde, liegt auf der Hand. Ich bin z. Zt. mit der Aufstellung eines dahingehenden Entwurfes beschäftigt.

und verursachte in den Buhnenfeldern solche Wirkungen, wie sie in der Natur bei mäßiger Überströmung entstehen. Nachdem eine große Zahl derartiger Versuche durchgeführt war, kam es darauf an, auch noch solche Versuche anzustellen, die den Verhältnissen bei H.W., also einer hohen Überströmung der Buhnen möglichst entsprechen würden. Eine noch weitergehende Breitenbeschränkung war nicht angezeigt, da dann der Versuchsmaßstab zu klein ausgefallen sein würde. Somit blieben nur zwei Wege übrig, um solche Erscheinungen im Gerinne hervorzurufen, die hoher Überströmung entsprechen: einmal die Vergrößerung der durchfließenden Wassermenge und dann die Verminderung des Gefälles, d. h. der Stromgeschwindigkeit. Zu ersterem Zwecke wurde der vierpferdige Elektromotor durch einen sechspferdigen ersetzt und gleichzeitig die Kreiselpumpe mit einer kleineren Riemenscheibe versehen, also ihre Umlaufzahl vergrößert. Wegen des großen Widerstandes des Druckrohres konnte aber mit diesen Mitteln die Größtwassermenge nur auf 31,1 sec/l gesteigert werden. Die Gefälleverminderung wurde dadurch bewirkt, daß die Bettsohle wagerecht abgeglichen wurde. Endlich wurden die Buhnen etwas tiefer eingebaut. Nunmehr ging das H. W. mit geringerer Geschwindigkeit und in einer um reichlich 1,4 cm höheren Wasserschicht (Abb. 4 Bl. 46) über die Buhnenkörper, gleichzeitig aber unterblieb auch wegen der jetzt mangelnden Stromkraft die allgemeine Wanderung der Sinkstoffe. Trotzdem zeigten sich an den Buhnen die kennzeichnenden H.W.-Wirkungen in voller Schärfe, wie sie später zu besprechen sein werden.

Der senkrechte Abstand der Buhnenköpfe vom rechten Ufer — hier die lotrechte Gerinnenwand — wurde für alle Versuche (Abb. 3 und 4 Bl. 46) zu 40 cm festgesetzt. Der Abstand der Buhnen unter sich wurde gleich der „Normalbreite“, 76 cm, angenommen (vgl. Abb. 2 Bl. 46). Die Anzahl der Buhnen wurde auf vier beschränkt: so erhielt man wenigstens ein Buhnenfeld, das zwischen zwei andern lag. Um den Einfluß des Buhnenabstandes auf die Buhnenfelder zu erforschen, wurde bei den dahingehenden Versuchen die dritte Buhne fortgelassen.

Oberhalb der Buhnenstrecke war das ebenfalls mit Schrotsäckchen gedeckte rechte Ufer (Abb. 2 Bl. 46) bis zur Streichlinie vorgeschoben, in Höhe der Buhnenkronen abgeglichen und die dahinter liegende Überschwemmungsfläche mit Feinkies so befestigt, daß sie dem darüber streichenden H. W. genügenden Widerstand darbot. Sowohl dieses N.W.-Ufer als auch das gegenüberliegende H.W.-Ufer wurden in sanfter Krümmung bis zum oberen Einlaufe erweitert, um auch hierdurch den Wassereintritt möglichst ruhig zu gestalten. Nur bei den H.W.-Versuchen mit wagerecht abgeglichener Sohle wurde das rechtsufrige Schutzgelände nicht eingebaut, so daß die erste Buhne in ihrer ganzen Länge gleichmäßig von der allerdings nur schwachen Strömung getroffen wurde.

Die Buhnen wurden in Zementmörtel 1:3 genau nach Zeichnung in Holzformen hergestellt. Ihre Formen und Abmessungen gehen aus den Abb. 10 bis 21 Bl. 47 hervor. Sie wurden, wie erwähnt, für die Versuche ohne Überströmung (N.W.) und bei mäßiger Überströmung (M.H.W.) nach Abb. 3 Bl. 46 und für die bei hoher Überströmung (H.W.) nach Abb. 4 Bl. 46 eingebaut. Sie reichten daher so tief in das Sandbett, daß erst bei verhältnismäßig tiefer Auskolkung die Köpfe unterspült wurden. Der durchgeführte Arbeitsplan war der folgende.

Untersuchung der Wirkung der Buhnen:

1. Nach ihrer Höhenlage zum Wasserspiegel
   a) ohne Überströmung (N.W.),
   b) bei mäßiger Überströmung (M.H.W.)
   c) bei hoher Überströmung (H.W.).
2. Nach ihrer Richtung zur Strömung
   a) stromaufwärts gekehrte Buhnen,
   b) senkrechte Buhnen,
   c) stromabwärts gekehrte Buhnen.
3. Nach ihrem gegenseitigen Abstande
   Verbauung ein und derselben Uferstrecke
   a) mit vier Buhnen,
   b) mit drei Buhnen (unter Fortlassung der dritten Buhne).
4. Nach ihrer Form
   die zwölf Buhnenformen A bis L.

Über die Ausführung der Versuche ist im einzelnen folgendes zu bemerken:

Zu 1a. Die Wassermenge wurde so bemessen, daß der Wasserspiegel genau bis zur Oberkante der Buhnenköpfe, die unter sich in entsprechendem Gefälle lagen, reichte. Das war der Fall bei einem Durchflusse von 5 sec/l, dessen Dauer bei jedem Versuche zehn Stunden betrug. Während dieses N.W.-Durchflusses wurden bei jedem Versuche mit kleinen Hollunderkügelchen die Strömungserscheinungen in den Buhnenfeldern aufgenommen. Unmittelbar vor Abstellung des Durchflusses wurde das Wasserspiegelgefälle einnivelliert. Nach Schluß des Schiebers wurde das Wasser sorgfältig abgelassen, so daß die eingetretenen Bettformen keinerlei Änderung erlitten, das Flußbett über Nacht austrocknete und am nächsten Morgen die Querschnitte mit dem Querschnittzeichner aufgenommen werden konnten.

Zu 1b. Nunmehr wurde das Wasser wieder zugelassen und in genau einstündigen Zeitabschnitten durch entsprechende und bei jedem Versuche in genau demselben Maße bewirkte Mehröffnung des Zuflußschiebers in seiner Menge so gesteigert, daß nach genau fünf Stunden die Größtwassermenge von 30 sec/l erreicht war. Nach zweistündigem Durchflusse dieser Wassermenge wurde der Schieber geschlossen. Unmittelbar vorher war das Spiegelgefälle durch Nivellement aufgenommen. Am Tage darauf wurde nach Aufnahme der Querschnitte das Bett für den nächsten Versuch wieder eingebaut.

Zu 1c. Nach Abschluß aller vorbeschriebenen Versuche wurden die H.W.-Versuche so ausgeführt, daß zunächst das Gerinne in sehr sorgfältiger Weise von unten her mit Wasser angefüllt wurde bis zu der durch Vorversuche ermittelten H.W.-Höhe. Alsdann wurde während zehn Minuten ein Durchfluß von 31,1 sec/l bewirkt. Während dieser Zeit wurden mit Sohlenschwimmern und durch Einstreuen feinen Formsandes die eigenartigen und besonders wichtigen Strömungserscheinungen auf der Sohle der Buhnenfelder gemessen. Am folgenden Tage wurden, da das Bett inzwischen ausgetrocknet war, die Neubildungen in den Buhnenfeldern durch Lichtbildaufnahmen festgelegt.

Zusammenstellung und Zahl der ausgeführten Versuche.

Richtung der Buhnen	N.W. stromaufwärts		N.W. senkrecht		N.W. stromabwärts		M.H.W. stromaufwärts		M.H.W. senkrecht		M.H.W. stromabwärts		H.W. stromaufwärts		H.W. senkrecht		H.W. stromabwärts		Summe
Anzahl der Buhnen	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	
Buhne A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						13
„ B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1						14
„ C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						13
„ D	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1						14
„ E	1		1		1		1		1		1		1						7
„ F	1		1		1		1		2		1		1						8
„ G	1						1						2		1				5
„ G'													1						1
„ H	1						2												3
„ I	1						1						1						3
„ K	1						1						1						3
„ L	1						1						2						4

Insgesamt 88 Aufnahmen,
davon 14 Lichtbildaufnahmen.

Zu 2a. Die Buhnen wurden unter 70° stromaufwärts eingebaut. Da diese Buhnenrichtung für die praktische Anwendung — soweit es sich um Ströme oberhalb des Flutgebietes handelt — vorzugsweise in Frage kommt, so sind die Versuche für alle Wasserverhältnisse und alle Buhnenformen vollständig durchgeführt worden.

Zu 2b. Wie die Zusammenstellung zeigt, sind die Versuche nur für sechs Buhnenformen und nur für 1a und 1b sowie 3a und 3b zur Ausführung gekommen, da schon diese Versuche die erforderlichen Unterlagen für den Vergleich mit den anders gerichteten Buhnen ergaben und es zweckmäßig erschien, das Beobachtungsmaterial nicht unnütz zu vermehren.

Zu 2c. Auch die Versuche mit den unter 70° stromabwärts eingebauten Buhnen konnten beschränkt werden und zwar auf vier Buhnenformen und auf die Verhältnisse 1a 1b, 3a und 3b.

Zu 3a und 3b. Eine Ausdehnung der aus der Zusammenstellung ersichtlichen Versuche auf alle Buhnenformen und auf 1c würde neue Gesichtspunkte nicht erbracht haben.

Zu 4. Die zwölf Buhnenformen sind mit Ausnahme der Form *G'* sämtlich für den praktisch wichtigsten Fall 2a und für alle Wasserverhältnisse untersucht worden. Die Buhnen *G* sind bei hoher Überströmung sowohl unter 70° als auch unter 45° stromaufwärts untersucht worden, um wenigstens an einem Beispiele den Einfluß des Grades der Richtung stromaufwärts darzulegen. Ich unterlasse aber nicht, auf den akademischen Charakter eines Teils dieser Versuche hinzuweisen, insofern es nicht möglich ist, in Wirklichkeit die unter N.W. liegenden Teile der Buhnenköpfe genau nach solchen Formen herzustellen. Trotzdem haben gerade diese Versuche, wie man sehen wird, zu Ergebnissen geführt, die für die Praxis besonders wichtig sind.

Die Versuchsergebnisse zu 1a und 1b sind sämtlich zeichnerisch im Maßstabe 1:10 aufgetragen, und zwar ist jedesmal die Modellstrecke von Stat. 3,95 bis Stat. 10,95 unter Eintragung der in Abständen von je 0,5 cm ermittelten Linien gleicher Wassertiefen dargestellt worden. In den verkleinerten Abb. 1 bis 9 Bl. 47 sind zur Vermeidung übermäßiger Raumbeanspruchung die Modellstrecken nur von Stat. 5,8 bis Stat. 10,2 wiedergegeben worden. Die Tiefenlinien beziehen sich in allen Aufnahmen auf N.W. Die bei diesem Wasserstande beobachteten Strömungserscheinungen in den Buhnenfeldern sind für alle Versuche zeichnerisch dargestellt. Endlich liegen von allen Versuchsergebnissen zu 1c Lichtbildaufnahmen vor. Es ist nun wegen der hier gebotenen räumlichen Beschränkung leider unmöglich, diese Aufnahmen in ganzem Umfange hier wiederzugeben, würde das doch bedeuten die Wiedergabe von nicht weniger denn 74 Grund- und Höhenplänen. Nur die besonders wichtigen Lichtbildaufnahmen sind sämtlich zum Abdrucke gelangt (Bl. 48), wenn auch unter Beschränkung auf das dritte Buhnenfeld. Um den Lesern jedoch eine Vorstellung von den alle Buhnenfelder umfassenden Lichtbildaufnahmen zu bieten, gebe ich in Abb. 9 Bl. 48 ein vollständiges Beispiel.

Ich muß mich daher auf die Vorführung einer Auswahl von besonders kennzeichnenden Versuchsergebnissen beschränken, so daß auch der Leser, der das gesamte Material nicht studieren kann, in den Stand gesetzt wird, sich selbst ein Urteil zu bilden und meine Schlußfolgerungen kritisch zu prüfen. Bevor in eine Erörterung der letzteren eingetreten wird, die aus den auf den Atlasblättern 46 bis 48 dargestellten und den sonstigen hier nicht wiedergegebenen Versuchsergebnissen abzuleiten sind, erscheint es zweckmäßig, eine Erörterung allgemeiner Natur über die Wirkung von Buhnen voranzuschicken.

Jede Querschnittverengung vermehrt die Widerstände, die das strömende Wasser zu überwinden hat, bewirkt daher einen Aufstau des Wassers von solcher Höhe, daß eine der Widerstandsvermehrung entsprechende Vergrößerung der Geschwindigkeit erzeugt wird. Folgt der Querschnittverengung plötzlich eine Erweiterung des Abflußquerschnittes, wie solches bei jeder Buhne der Fall ist, dann entsteht eine ebenso plötzliche Verminderung der Geschwindigkeit und damit ein Überschuß an lebendiger Kraft des strömenden Wassers, der sich in inneren, schädlichen Wirbelbewegungen verzehrt, anstatt in eine für die anschließende Stromstrecke nutzbringende Arbeit umgesetzt zu werden. Aber nicht nur deshalb sind diese inneren Bewegungen schädlich. Sie sind vor allem vom Übel, weil sie in der Nähe der Buhnenköpfe mehr oder minder tiefe, anfänglich voneinander getrennte, aber bald sich vereinigende Kolke erzeugen, die der Schiffahrt in keiner Weise zu gute kommen, dahingegen den Bestand der Buhnen, insbesondere der Buhnenköpfe gefährden und die Ausbildung einer in genügendem Abstande von diesen liegenden Fahr-

rinne verhindern. Sie sind es, die die bei N.W. schon an und für sich schwache Stromkraft dadurch noch mehr vermindern, daß das Wasser, anstatt in einer geschlossenen Rinne abzufließen, sich in diese örtlichen Ausfurchungen des Strombettes hineinwirft, wobei oft schroffe Übergänge von einem Ufer zum andern sich bilden, oder gar, was für Vorflut und Schiffahrt noch schlechter, das Flußbett sich in mehrere kleinere Rinnsale spaltet. So lange die Buhnenfelder nicht verlandet sind, können diese Kolke auch nicht verschwinden, da ja die Ursache zu ihrer Bildung, die plötzliche Querschnitterweiterung, noch bestehen bleibt. Erst mit zunehmender Verlandung der Buhnenfelder legen sich auch die Kolke mehr und mehr zu, und ihre Neubildung wird nicht zu fürchten sein, sobald die Verlandung bis zur Buhnenhöhe und zur Streichlinie angewachsen ist oder auch durch Ablagerung von Baggerboden künstlich bewirkt worden ist.[10])

Nun bieten sich zunächst zwei Mittel dar, um die Bildung der Wirbel vor den Buhnenköpfen und die durch

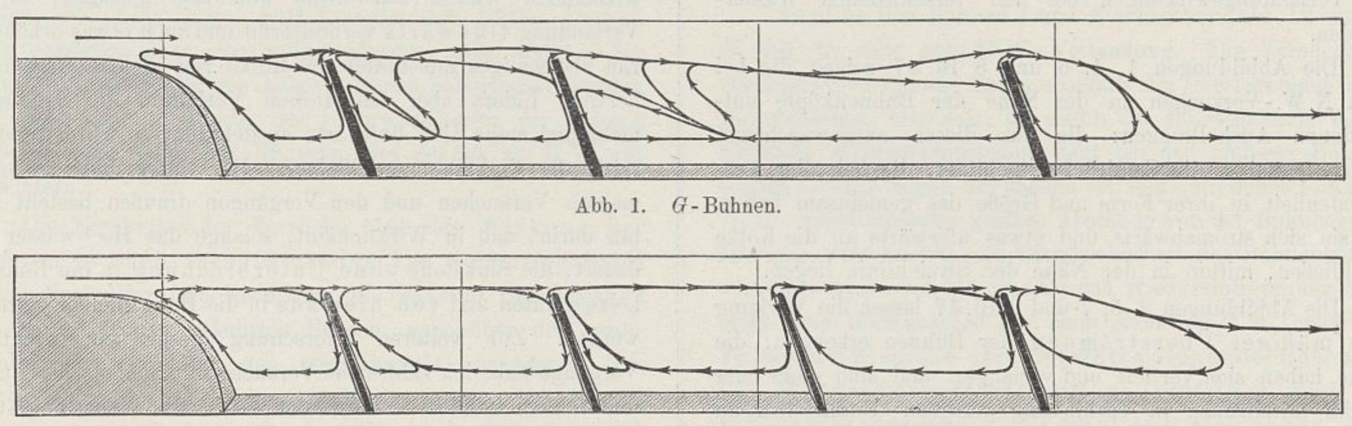


Abb. 1. *G*-Buhnen.

Abb. 2. *A*-Buhnen.

sie hervorgerufenen tiefen Auskolkungen abzuschwächen: das erste besteht darin, daß man die Buhnen nicht sogleich in ihrer ganzen Höhe erbaut, sondern sie anfangs sehr niedrig hält und sie nur in dem Maße langsam erhöht, wie die Verlandung zwischen ihnen fortschreitet. Der andere Weg ist der, daß man vor Erbauung der Buhnen die Flußsohle in der Gegend der zukünftigen Buhnenköpfe befestigt und dadurch den Wirbeln die Möglichkeit nimmt, die Flußsohle in der Nähe der Buhnenköpfe auszukolken. Während der Befolgung der letzteren sehr wichtigen Maßnahme keinerlei Bedenken entgegenstehen, sobald sie richtig ausgeführt wird, ist dem nicht immer so hinsichtlich der allmählichen und mit Unterbrechungen zu bewirkenden Aufhöhung der Buhnen. Abgesehen davon, daß es in manchen Fällen erwünscht sein kann, den beabsichtigten Regulierungserfolg möglichst bald herbeizuführen, wird sich bei einer derartigen Ausführung meistens die jedesmalige Sicherung des Kopfes und der Krone des anfänglichen Unterwasserwerks erforderlich machen, die jedenfalls hinsichtlich der Krone bei jeder nachfolgenden Erhöhung verloren gegeben werden muß.

Ein drittes sehr wirksames, ja das wirksamste aller Mittel besteht darin, daß man unverzüglich nach Fertigstellung der Buhnen die Buhnenfelder bis zur vollen Höhe und in ihrer ganzen Ausdehnung mit Baggerboden hinterfüllt unter leichter Deckung des zwischen zwei Buhnenköpfen gebildeten Neuufers. Dieses Mittel führt aber nur dann zum Ziele, d. h. zur Ausbildung eines guten Stromschlauches, wenn einmal die Normalbreite von vornherein richtig gewählt und zum anderen durch die Baggerung selbst die Austiefung oder Umformung des Flußbettes genau entsprechend dieser Normalbreite bewirkt werden könnte. Denn beim Nichtzutreffen der ersten Bedingung würde die dann nötig werdende Veränderung der Normalbreite ein Aufgeben des Uferdeckwerks bedingen, während beim Versagen der letzten Bedingung von der Strömung die den neuen Verhältnissen entsprechende richtige Umformung des Stromschlauches herbeigeführt werden müßte. Alsdann aber würden die von den Erosionsstrecken ausgewaschenen Sinkstoffe wegen Mangels natürlicher Ablagerungsplätze weiter unterhalb im Flußbette selbst sich ablagern: es würde also auf Kosten der unteren Flußstrecke die Verbesserung der oberen bewirkt worden sein. Denn nicht nur darin besteht die Überlegenheit des Buhnensystems, „daß die Anpassung an das erst nachträglich erkannte Bedürfnis bezüglich der Größe des Durchflußprofils und an die definitive Lage des Flußbettes, wenn diese der Voraussicht nicht ganz entspricht, leicht und mit geringen Kosten verbunden ist."[11]) Seine Vorzüge sind vornehmlich auch darin zu erblicken, daß bei ihm das Flußbett lediglich durch die Wirkung des strömenden Wassers so umgeformt werden kann, wie es dem angestrebten Gleichgewichtszustande zwischen dieser Angriffskraft und dem Widerstandsvermögen der Flußsohle entspricht, ohne daß die unteren Strecken verschlechtert werden, da den ausgewaschenen Sinkstoffen in den Buhnenfeldern natürliche Ablagerungsplätze geboten sind, deren Verlandung, wie wir nunmehr erkennen, in doppelter Hinsicht der gestellten Aufgabe zu Nutzen kommt. Die Buhnen müssen mithin so angelegt werden, daß sie die an sie zu stellende wichtige Aufgabe, das ist die möglichst rasche, regelmäßige und vollständige Verlandung ihrer Zwischenfelder erfüllen können.

Die Wirkungen der Buhnen sind zunächst verschieden je nach ihrer Höhenlage zum Wasserspiegel. Sie sind von G. Hagen[12]) so ausführlich und lichtvoll geschildert, daß ich im großen und ganzen mich darauf beschränken kann, auf diese wichtige Quelle hinzuweisen und hier meine Versuchs-

10) Vergl. auch J. Dalmann, Über Stromkorrektionen im Flutgebiet. Hamburg 1856. S. 18.

11) v. Salis, Das Schweizerische Wasserbauwesen. Bern 1883. S. 65.

12) a. a. O. 2. Teil, 1. Band S. 277 ff., S. 361 ff. und 2. Band S. 36 ff.

ergebnisse nur soweit zu beleuchten, als es sich um die Aufstellung neuer Gesichtspunkte handelt.

So lange die Buhnen nicht überströmt wurden, zeigten sich in den Buhnenfeldern bei allen Versuchen die in Text-Abb. 1 u. 2 dargestellten Nehrungs- oder Gegenströmungen. Wie man sieht, tritt die ausgehende Strömung an der Unterwasserseite der Buhnen erst in der Nähe der Buhnenköpfe an diese heran, während in der Nähe der Buhnenwurzeln sich allenthalben eine eingehende Strömung zeigt, deren Mächtigkeit mit dem Buhnenabstande zunimmt und längs des oberen Teiles des Altufers eine mit der allgemeinen Abflußrichtung zusammenfallende Strömung hervorruft. Im übrigen kommen diese Strömungserscheinungen für die Beurteilung der Verlandungswirkungen erst in letzter Linie in Betracht. Dazu ist vielmehr lediglich die Frage zu beantworten: wie gelangen die Sinkstoffe aus dem Flußbette in die Buhnenfelder? Zu dem Ende betrachten wir an Hand der mitgeteilten Versuchsergebnisse die Verlandungswirkungen bei den verschiedenen Wasserständen.

Die Abbildungen 1, 4, 6 und 8 Bl. 47 zeigen die bei allen N.W.-Versuchen in der Nähe der Buhnenköpfe entstandenen Auskolkungen: die aus diesen ausgewaschenen Sinkstoffe haben die Sandrücken gebildet, die bei aller Verschiedenheit in ihrer Form und Größe das gemeinsam haben, daß sie sich stromabwärts und etwas uferwärts an die Kolke anschließen, mithin in der Nähe der Streichlinie liegen.

Die Abbildungen 2, 5, 7 und 9 Bl. 47 lassen die Wirkung nach mäßiger Überströmung der Buhnen erkennen: die Kolke haben sich vertieft und verlängert und sind mehr oder minder miteinander in Verbindung getreten. Unmittelbar an den Unterwasserseiten der Buhnen erblicken wir die durch das übergestürzte Wasser hervorgerufenen Auswaschungsrinnen. Die Sandrücken sind stromabwärts getrieben, haben sich mithin den Oberwasserseiten der Buhnen genähert oder diesen ganz angeschlossen. Das Flußbett zeigt ein wirres Durcheinander der Linien gleicher Wassertiefen, wie wir es bei unseren Aufnahmen draußen nicht zu erhalten pflegen. Das ist darauf zurückzuführen, daß meine Aufnahmen ein Augenblicksbild bei höheren Wasserständen darstellen, während wir draußen unsere Peilungen nach Ablauf des Hochwassers machen, nachdem das dem H.W. folgende M.W. und N.W. ein Strecken der Tiefenlinien bewirkt hat. Das geht auch hervor aus der Aufnahme Abb. 3 Bl. 47, die gemacht wurde, nachdem durch die Strecke der Abb. 2 Bl. 47 während eines fünfstündigen Durchflusses das M.H.W. bis auf N.W. gefallen war. Man erkennt durch einen Vergleich der beiden Abbildungen diese streckende Wirkung der dem H.W. folgenden Kleinwässer.

Die Lichtbildaufnahmen auf Atlasblatt 48 endlich zeigen die Wirkung einer hohen Überströmung.

Aus diesen geht zunächst hervor, daß, wie schon erwähnt, während des H.W.-Durchflusses die Bettsohle nicht ins Wandern geraten ist: sie ist vollkommen glatt geblieben. Man könnte daher diesen Versuchen vorhalten, daß sie keine mit der Natur übereinstimmenden Vorgänge zeigen, da es doch in unseren natürlichen Wasserläufen die bei H.W. auf der Flußsohle wandernden Sinkstoffe sind, die die Verlandung der Buhnenfelder bewirken, wenn man von den feineren Sinkstoffen absieht, die, schwebend im Wasser davongetragen, über die Buhnenkronen in die Buhnenfelder gelangen und bei fallendem Wasser hier zur Ablagerung kommen.[13]) Zur Prüfung dieses Einwandes ist es nötig, die Vorgänge zu schildern, die bei diesen Versuchen beobachtet wurden. Unmittelbar nach Beginn des Durchflusses bildeten sich die aus den Abbildungen ersichtlichen Kolke an den Buhnenköpfen, indem der ausgewaschene Sand in sehr ausgesprochener Weise längs der stromabwärts liegenden Buhnenseiten uferwärts getragen wurde, um sich in einem gewissen Abstande vom Buhnenkopfe, aber stets in engem Anschlusse an die Buhne, abzulagern. Sobald die Kolke sich völlig ausgebildet hatten, hörte auch diese Verlandungswirkung auf, da ja außerhalb des Bereiches der Buhnenköpfe die Flußsohle sich im Ruhezustande befand, also neue Sinkstoffe in die einmal gebildeten Kolke nicht hineingerieten. Wenn ich aber die Kolke wieder zuwarf, dann wurde sofort der Sand aufs neue aus ihnen herausgewirbelt, auf der Sohle rollend und in dem wirbelnden Wasser schwebend uferwärts getragen, so die Verlandung flußwärts verbreiternd und auch etwas erhöhend. Ein abermaliges Zuschütten der Kolke rief gleiche Wirkungen hervor. Indem aber bei diesem Verfahren die Sandfelder mehr und mehr sich flußwärts ausdehnten, so wurden gleichzeitig die Kolkbildungen kleiner. Der Unterschied zwischen meinen Versuchen und den Vorgängen draußen besteht mithin darin, daß in Wirklichkeit, solange das Hochwasser andauert, die Sinkstoffe ohne Unterbrechung in die Buhnenkolke geraten und von hier aus in die Buhnenfelder getragen werden. Zur weiteren Erforschung dieser sehr wichtigen Vorgänge habe ich zahlreiche Versuche mit Sohlenschwimmern und feinem Sande — Formsand — in der Weise angestellt, daß ich sie unmittelbar oberhalb der Buhnenköpfe in der Streichlinie einbrachte und nunmehr die von ihnen eingeschlagenen Wege verfolgte. Letztere sind in Abb. 10 Bl. 46 durch gestrichelte Linien wiedergegeben: man sieht, daß die Hochwasserverlandung so vor sich geht, daß die Sinkstoffe lediglich vom Kopfe der oberen Buhne aus in die Buhnenfelder gelangen, und daß die Linie *a b* die flußseitige Begrenzung dieser Verlandung darstellt. Man erkennt ferner die eingehende Sohlenströmung an beiden Seiten einer jeden Buhne. Diese ist so zu erklären, daß das über die Buhne mit großer Geschwindigkeit strömende Wasser der oberen Schichten das im Schutze der Buhnenkörper befindliche Wasser der unteren Schichten mit sich reißt: zum Ersatze fließt unmittelbar über der Sohle das Wasser vom Buhnenkopfe her nach, wobei die im Kolke aufgewirbelten Sandkörner rollend und schwebend uferwärts getragen werden. Je ungehinderter dieser untere Ersatzstrom nachfließen kann, um so energischer werden die Sinkstoffe vom Buhnenkopfe her in das Buhnenfeld hineingetragen, aber nur die Sinkstoffe, die in der Nähe der Streichlinie wandern.

Bei wieder fallendem Wasser stellt sich zunächst die mäßige Überströmung der Buhnen ein. Der vorher im engen Anschluß an die obere Buhne abgelagerte Sand wird von dem überstürzenden Wasser angegriffen. Es bildet sich längs der Unterwasserseite der Buhne eine Auswaschungs-

13) Bei tief liegenden und mit Weidenwuchs bestandenen Buhnen kann allerdings diese Verlandung die überwiegende sein.

rinne, während der Sandhügel im Buhnenfeld stromabwärts getrieben wird, um bei N.W. oberhalb der unteren Buhne zur Ruhe zu kommen. Die geschilderten Vorgänge lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß bei N.W. und bei mäßiger Überströmung der Buhnen der stromseitige und stromabwärts gelegene, bei H.W. der uferseitige und stromaufwärts gelegene Teil der Buhnenfelder verlandet. Da die letztere Verlandung lediglich vom Kopf der oberen Buhne ausgeht, so wird sie keineswegs von dem bei N.W. ausgeworfenen und bei M.H.W. erhöhten Rücken (Abb. 10 Bl. 46) behindert, während die bei diesem Wasserstande entstehende Auswaschungsrinne längs der Unterwasserseite der Buhne die Verlandungsfähigkeit für das nächste H.W. wieder herbeiführt. So schädlich daher auch diese Rinne für den Bestand des Buhnenkörpers sein mag, so nützlich ist sie in bezug auf die Verlandungswirkung bei H.W.

Wenn man die Bettsohle in der Umgebung der Buhnenköpfe — natürlich vor der Erbauung der Buhnen — so befestigt, daß hier keine Auskolkungen sich bilden können, dann entstehen diese nur weiter abwärts, aber stets in der Nähe der Streichlinie: die ausgeworfenen Sandrücken werden sich dann noch mehr von der Unterwasserseite der Buhnen entfernen und daher das Eintreten des Sandes bei H.W. nur erleichtern.

Die Ergebnisse der Versuche über die Wirkung der Buhnen je nach ihrer Richtung zur Strömung bieten nichts Neues dar: sie bestätigen die bekannte Überlegenheit der stromaufwärts gekehrten Buhnen gegenüber den senkrechten und besonders den stromabwärts gerichteten. Sie zeigen jedoch, in wie hohem Maße die richtige Verlandung, also die vom Altufer nach dem Strom zu fortschreitende, durch die Vermehrung der Richtung stromaufwärts begünstigt wird. Man vergleiche die Abb. 7, 8 und 9 Bl. 48 miteinander: bei ein und derselben Buhnenform und bei gleichem Abstande der Streichlinie vom Altufer hat sich die Verlandung am meisten der Buhnenwurzel genähert bei den um 45° stromaufwärts gekehrten Buhnen, während eine solche bei den stromabwärts gerichteten Buhnen gar nicht eingetreten ist. Nun steht einer so starken Richtung stromaufwärts der Umstand entgegen, daß dann die Buhnen sehr lang werden. Da es aber darauf ankommt, den Sinkstoffen bei H.W. den Eintritt in die Buhnenfelder zu erleichtern, so könnte man an gekrümmte Buhnen nach Abb. 10 Bl. 48 denken. Bei diesen bildet z. B. die Endtangente mit der Streichlinie einen Winkel von 45°, trotzdem ist die Buhne nur unwesentlich länger als die der Abb. 7 Bl. 48, unter 70° geneigten. Anderseits ist zuzugeben, daß solche gekrümmten Buhnen bei einer etwa erforderlich werdenden späteren Verlängerung gegenüber geraden Buhnen im Nachteile sein würden.

Für die Beurteilung des Einflusses des Buhnenabstandes haben meine Versuche mit nur drei Buhnen, von denen ich nur zwei mitteile (Abb. 8 und 9 Bl. 47), neue Unterlagen nicht erbracht, vielmehr nur das bestätigt, daß es nicht angezeigt erscheint, diesen Abstand in geraden Flußstrecken größer zu machen als die Normalbreite.[14])

14) Es wird aber die Aufgabe besonderer Versuche sein, diesen Punkt weiter aufzuhellen.

Dahingegen haben sich neue Gesichtspunkte und Auffassungen ergeben hinsichtlich des Einflusses der Form sowohl des Buhnenkörpers als auch insbesondere des Buhnenkopfes. Was den ersteren angeht, so spielt er nur eine Rolle bei der Überströmung der Buhnen. Der im allgemeinen trapezförmige Querschnitt der Buhnenkörper kann entweder auf beiden Seiten gleiche Böschung aufweisen, Form *A* (Abb. 10 Bl. 47), oder die Seitenböschungen haben verschiedene Neigungen; entweder ist die stromabwärts liegende flacher als die andere, Form *E* (Abb. 14 Bl. 47), oder das umgekehrte ist der Fall: Formen *D*, *I* und *K* (Abb. 13, 20 und 21, Bl. 47). Vergleichen wir zunächst die Buhnen *D* und *E*, die sich ja nur in der Querschnittsform voneinander unterscheiden, miteinander (Abb. 4 und 5 Bl. 48), so sehen wir, daß die H.W.-Verlandung bei den ersteren besser ist wie bei den letzteren. Das rührt offenbar davon her, daß bei Buhne *E* die stromabwärts flach vortretende Böschung den Eintritt der Sinkstoffe und zugleich eine hohe Auflandung im engen Anschlusse an den Buhnenkörper erschwert.

Auch bei den Buhnen *I* und *K* sehen wir (Abb. 12 und 13 Bl. 48) die sehr gute H.W.-Verlandung. Die Versuche bei mäßiger Überströmung haben ebenfalls die Überlegenheit dieser Buhnenformen erwiesen: die durch das überstürzende Wasser gebildete Auswaschungsrinne liegt bei den anderen Buhnenformen — eben wegen der flachen von ihm getroffenen Böschung — in verhältnismäßig großem Abstande von der Buhnenkrone. Dadurch wird freilich die Standsicherheit des Buhnenkörpers vermehrt, aber auch gleichzeitig das Wiedereintreten der Sinkstoffe vom Buhnenkopfe her beim nächsten H.W. erschwert. Je steiler also die stromabwärts liegende Böschung des Buhnenkörpers ist, um so kräftiger wird die H.W.-Verlandung sein. Es empfiehlt sich daher, diese Böschung so steil zu machen, als dieses mit Rücksicht auf die Art der Baustoffe, die Bauweise und die Standsicherheit der Buhne möglich ist.

Die Neigung der der Strömung zugekehrten Böschung ist ohne Einfluß auf die H.W.-Verlandung. Je flacher sie ist, um so kleiner wird bei allen Wasserständen die Auskolkung oberhalb des Buhnenkopfes, um so enger legen sich gleichzeitig die Verlandungsrücken an sie an.

Die Versuchsergebnisse hinsichtlich des Einflusses der Form des Buhnenkopfes führen zu nachstehenden wichtigen Schlußfolgerungen. Je flacher die Kopfböschung ist, um so mehr entfernen sich die Kolke stromabwärts vom Kopfe, um so flacher und langgestreckter werden sie; und umgekehrt: je steiler die Kopfböschung, in um so engerem Anschluß an den Kopf, um so mehr stromaufwärts um denselben sich herumlegend, um so tiefer und kürzer bilden sich die Kolke aus. Das gilt für alle Wasserstände. Je steiler also die Köpfe sind, um so mehr werden die Kolke voneinander getrennt bleiben, um so weniger ist zu befürchten, daß diese miteinander in Verbindung treten und in der Nähe der Streichlinie eine durchlaufende, die Ausbildung einer guten Fahrrinne behindernde, Kolkrinne bilden. Zu diesem Vorzuge der steilen Köpfe gesellt sich der sehr gewichtige, daß sie die H.W.-Verlandung gegenüber den flachen Köpfen, namentlich wenn diese stromabwärts flach auslaufen, wesentlich begünstigen. Zum Beweise des gesagten vergleiche man z. B. die H.W.-Wirkungen der Buhnen *B* und *C* oder *G* und *H*

(Abb. 2 und 3 sowie 7 und 11 Bl. 48) miteinander, die sich ja nur in der Neigung ihrer Köpfe voneinander unterscheiden. Man sieht, daß bei *C* und *G* die Sinkstoffe weiter in die Buhnenfelder eingetrieben sind, sich näher den Buhnenwurzeln abgelagert haben als bei *B* und *H*. Hierbei ist nochmals darauf hinzuweisen, daß die Aufnahmen die Verlandungen in ihrem Anfangszustande zeigen und daß diese Verlandungen bei ihrer weiteren Entwicklung flußwärts vorschreiten. Endlich ist den steilen Köpfen der Vorzug eigen, daß sie bei dem gleichen Abstande der Streichlinie vom Ufer eine geringere Querschnittsbeschränkung herbeiführen als die flachen weit vortretenden Köpfe. So wird beispielsweise nach Abb. 8 und 9 Bl. 46 der 1:5 geneigte Kopf den Querschnitt um die Fläche *ABC* mehr einschränken als der unter 1:1 geböschte. Je kleiner aber die plötzliche Querschnittsbeschränkung, um so mehr entfallen die Ursachen der Kolkbildung. Anderseits darf freilich nicht übersehen werden, daß trotzdem, da sie eine freiere Ausbildung der Wirbel gestatten, die steilen Köpfe tiefere Kolke, insbesondere auch stromaufwärts vor sich, hervorrufen als die flachen, sie daher mehr gefährdet sind als diese. Dem läßt sich aber meistens wirksam vorbeugen durch eine vorhergehende Befestigung der Stromsohle, wie solches in der Abbildung angedeutet ist. Die für diese Befestigung, die sich möglichst nicht über die Flußsohle erheben, vielmehr in diese hinabreichen sollte, aufzuwendenden Kosten werden sich mit den Mehrkosten für den flachen Kopf etwa ausgleichen, so daß auch vom wirtschaftlichen Standpunkte aus gegen die Anordnung steiler Köpfe Bedenken nicht erhoben werden können. — Hat sich die Verlandung in genügendem Umfange ausgebildet, dann könnte man, falls solches sich als notwendig erweisen sollte, durch nachträgliche flach auslaufende Vorlagen den allmählichen sanften Übergang vom Neuufer oder vom Buhnenkopfe in die Flußsohle bewirken.

Daß eine solche Notwendigkeit nicht immer sich einstellt, das beweist das Beispiel der Rhonekorrektion im Kanton Wallis, auf das ich durch v. Salis[15]) aufmerksam gemacht wurde. Die dort verwendeten Buhnen haben die Form *L* (Abb. 15 Bl. 47), also einen senkrecht abfallenden Kopf. Indem ich in der Abb. 6 Bl. 46 nach der genannten Quelle den Querschnitt der Rhonekorrektion wiedergebe, lasse ich auszugsweise die v. Salissche Beschreibung folgen.

„Das zur Anwendung gebrachte System besteht aus zwei das Profil auf Hochwasser abschließenden Paralleldämmen und an diesen angelehnten, gegen das Flußbett geneigten Traversen, welche, immer zwei einander gegenüberliegend, sich in Abständen von 30 m folgen. — —
Die Traversen bestehen aus Bruchsteinmauerwerk,[16]) laufen etwa 0,50 m unter der Krone an den Damm an und stehen an der Mittelprofillinie etwa 0,50 m über Niedrigwasser. Die daraus sich ergebende Neigung und geringe Höhe des Kopfes, woraus sich bei Hochwasser die Überströmung in der ganzen Länge ergibt, nebst den kleinen Abständen im Sinne der Flußrichtung, verhindert die Wirkung, derentwegen die Traversensysteme in Mißkredit gekommen sind und bei manchen sich noch befinden. Es ist nämlich ganz richtig, daß zu hohe horizontale und auf größeren Distanzen voneinander abliegende Traversen infolge des durch sie verursachten Staues Kolke an den Köpfen und überhaupt unregelmäßige und daher für den Zustand des Flußbettes ungünstige Strömungen veranlassen. Ebenso richtig ist es aber, daß solche Nachteile bei besagter Anordnung nicht bestehen, sondern damit im allgemeinen eine sehr gute Strömung und daher eine gute Wirkung erzielt wird, sowohl bezüglich Verlandung des beiderseits von den Traversen eingenommenen, als besonders bezüglich Reinhaltung des mittleren Teiles des Profiles."

Da ich nun bei meinen mit der Form *L* vorgenommenen Versuchen im Gegensatze zu diesen Ausführungen rings um die Köpfe herum sehr tiefe, wenn auch kurze Auskolkungen erhielt, die v. Salisschen Zeichnungen aber die Wirkung der Traversen nicht erkennen lassen, so wendete ich mich behufs Herbeiführung einer Aufklärung im Frühjahr 1903 an den leitenden eidgenössischen Beamten, Herrn Oberbauinspektor A. v. Morlot in Bern. Unter Übersendung meiner Aufnahmen wies ich darauf hin, daß bei meinen Modellversuchen der gegenseitige Abstand der Buhnen im Verhältnis zu ihrer Eigenlänge allerdings etwas größer sei als an der Rhone. Daß aber die Verkleinerung dieses Abstandes auf das Rhonemaß die tiefen Auskolkungen an den Buhnenköpfen nicht verhindert haben würde, das zeige das Beispiel meiner obersten Buhne, die, trotzdem sie im Schutze des Vorlandes liege, auch tiefgehende Auskolkungen verursacht habe. Der Umstand, daß meine Traversen stromauf geneigt seien, während sie in der Rhone senkrecht zum Ufer wären, könnte nach meinen bei den Modellversuchen gemachten Erfahrungen das verschiedenartige Verhalten der Traversen nicht begründen. Meiner weiter gestellten Bitte, mir über die Wirkung der Rhonetraversen und insbesondere über die Kolkbildungen an denselben, womöglich unter Beifügung einiger Aufnahmen eine Mitteilung zukommen zu lassen, hat Herr v. Morlot in der zuvorkommendsten und ausgiebigsten Weise entsprochen, so daß ich gerne Gelegenheit nehme, ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Die von mir gewünschten Aufnahmen sind im November 1903, nach Ablauf der Hochwässer, bewirkt worden.

Ich gebe in Abb. 7 Bl. 46 den mit Tiefenlinien versehenen Plan der aufgenommenen Strecke wieder, aus dem in voller Bestätigung der v. Salisschen Ausführungen die überraschend gute Wirkung der Traversen, namentlich das Fehlen von tiefen Auskolkungen an den Köpfen derselben, hervorgeht. Diese Wirkung ist um so überraschender, als das mittlere Spiegelgefälle der betreffenden Strecke 0,0011 beträgt. Sie kann m. E., abgesehen von dem günstigen Einflusse der geringen Erhebung der Buhnenköpfe über der Flußsohle, nur durch eine besonders große Festigkeit der Bettsohle erklärt werden. Das bestätigt auch Herr v. Morlot, indem er unter Übersendung von Geschiebeproben darauf hinweist, daß das in der betreffenden Rhonestrecke zwischen den Buhnenköpfen wandernde Geschiebe ziemlich grob und mit Sand untermischt sei, sich sehr fest ablagern und der Auskolkung bedeutenden Widerstand entgegensetze. Die Ausmessungen des Geschiebes haben ergeben, daß es besteht zu einem Raumteile aus Steinen von 40 bis zu 200 mm Länge, 30 bis

15) a. a. O. S. 64ff.

16) Richtiger aus trocken aufgeschichteten Steinen, die am Kopfe innerhalb einer Umzäunung von eingetriebenen Pfählen liegen. Anmerkung des Verfassers.

80 mm Breite und 20 bis 80 mm Dicke und zu drei Raumteilen aus Geschiebesteinen kleinerer Abmessungen bis zur Sandgröße. Die kleinsten ausgeschlämmten Sandkörner haben eine Korngröße von 0,15 mm.

Eine so große Verschiedenheit in den Korngrößen bedingt bekanntlich eine sehr große Dichte und Lagerungsfestigkeit, während die plattenförmige Gestalt der Geschiebe ihren Widerstand gegen Auswaschungen weiter begünstigt.

2. Hafendämme.

Schon G. Hagen hat in seinem Handbuche[17]) nach dem Vorgange Minards[18]) auf die Zulässigkeit des Vergleichs zwischen den Wirkungen einer Buhne und eines Hafendammes hingewiesen, sobald eine Küstenströmung stattfindet, vergißt aber nicht die einschränkende Bemerkung zu machen, daß man bei Einbauten am Meeresufer im allgemeinen nicht so starke Wirkungen wie am Stromufer erwarten dürfe, weil an der Meeresküste die Hauptveranlassung zu solchen, nämlich die Beschränkung des Profils, nicht in Betracht komme. Auch dürfe man, wie er weiter in Übereinstimmung mit Minard hervorhebt, die Hafendämme nicht mehr nach den Wirkungen der Buhnen beurteilen, wenn eine sehr kräftige ein- und ausgehende Strömung im Hafen vorhanden sei. Wo aber die Vorbedingungen erfüllt sind, also einmal das Vorhandensein einer ausgesprochenen und nach einer Richtung überwiegenden Küstenströmung und gleichzeitig das Fehlen einer ungefähr senkrecht zu dieser gerichteten starken ein- und ausgehenden Strömung, wo ferner die Küste einen sandigen Strand darstellt, da kann man bis zu einem gewissen Grade diesen Vergleich nicht nur gutheißen, sondern auch mit Aussicht auf praktischen Erfolg aus ihm Nutzen ziehen. So hat bereits Minard empfohlen, unter solchen Verhältnissen die Hafendämme so anzulegen, daß ihre Richtung an die des Küstenstroms sich anschließe: ein Vorschlag, der sich ohne weiteres aus dem Vergleich zwischen einem Hafendamm und einer Buhne ergibt, insofern die letztere bei stromabwärtsgekehrter Richtung die geringste Verlandung hervorruft. Wir finden diesen Vergleich häufig wiederkehrend und naturgemäß besonders dort, wo die vorgenannten Verhältnisse vorliegen, wie das z. B. bei der belgisch-holländischen Küste der Fall ist. So u. a. in einem Berichte des holländischen Ingenieurs G. Waldorp[19]) zu dem Entwurfe eines Seehafens für den Haag. Es lag daher nahe, die vorbeschriebenen Versuche auf die Erforschung der Wirkungen von Hafendämmen auszudehnen.

Man hat die Hafendämme so anzulegen, daß, unter steter Rücksichtnahme auf die Bedingungen der Schiffahrt, d. h. auf das jederzeit und insbesondere bei stürmischem Wetter mögliche Einlaufen der Schiffe, die Versandung, die sich vor den Molenköpfen bildet, die Barre, eine möglichst kleine Ausdehnung annimmt und tunlichst außerhalb des Fahrwassers zu liegen kommt. Behufs Gewinnung eines richtigen Urteils über die zu diesem Zweck zu treffenden Maßnahmen ist es nötig, zunächst die Ursachen aufzusuchen, die bei der Barrenbildung mitwirken.

Die durch vortretende Hafendämme unterbrochenen Küstenströmungen tragen zunächst den von ihnen mitgeführten Sand in die äußeren Winkel, die durch den sandigen Strand und die Hafendämme gebildet werden und zwar vorzugsweise auf der Seite, die von der vorherrschenden Strömung getroffen wird. Nehmen wir als Beispiel die belgisch-holländische Küste, so ist hier der vorherrschende Strom der von S. nach N. gehende Flutstrom; die Ebbeströmung ist entgegengesetzt gerichtet. Hier stößt also der Flutstrom gegen den südlichen, der Ebbestrom gegen den nördlichen Damm eines von O. nach W. gerichteten Außenhafens. Verfolgen wir die weitere Wirkung des Flutstroms. Er wird durch den südlichen Hafendamm nicht nur unterbrochen sondern auch abgelenkt und gezwungen, längs der Außenseite dieses Dammes seewärts zu laufen. Durch diese Ablenkung werden Wirbel hervorgerufen, die den Sand emporheben und seine Beförderung seewärts erleichtern. Nachdem die abgelenkte Strömung den südlichen Hafendamm verlassen hat, trifft sie auf die Küstenströmung, hält sich aber zunächst noch in der Richtung der Verlängerung des See-Endes dieses Damms, um bald darauf die Richtung der allgemeinen Küstenströmung anzunehmen. Dadurch werden Nehrungsströmungen in dem Raume zwischen der Verbindungslinie der beiden Molenköpfe — die gleich weit vorspringend vorausgesetzt werden — und der Verlängerungslinie der Südermole hervorgerufen, vermöge welcher ein Teil des längs dieses Werkes emporgehobenen Sandes vor und um den nördlichen Molenkopf sich niederschlägt. Gleichzeitig findet eine Einströmung des Flutwassers in den Hafen statt, indem es sich mit Macht um den südlichen Molenkopf umbiegt, um sich darauf längs der Innenseite der Nordermole weiter einwärts zu bewegen. Der Ebbestrom stößt in derselben Weise gegen die Nordermole, aber da nach unserer Voraussetzung seine Geschwindigkeit kleiner ist als die des Flutstroms, so hat er nicht die Kraft, die von der abgelenkten Flutströmung verursachte Ansandung wirksam anzugreifen.

Die hier geschilderten Vorgänge spielen sich z. B. bei den Molen des Seehafens von Ymuiden ab und zwar so, daß die längs der Hafendämme abgelenkten Strömungen eine nicht unbedeutende Zunahme ihrer Geschwindigkeit seewärts erfahren, wodurch sich anfangs längs der Seeseiten dieser Dämme tiefe Auswaschungen gebildet hatten.[20])

In der Abb. 14 Bl. 46 sind die Vorgänge und die Lage der Barre am Kopfe der Nordermole nach der v. Hornschen Veröffentlichung zur Anschauung gebracht. Die Barrenbildung ist namentlich sehr bedeutend bei Sturmfluten, und zwar nicht nur deshalb, weil dann ihre Ursache, die Ablenkung und Verstärkung des Flutstroms sowie weiter die Abschwächung desselben vor und hinter der Hafenmündung am bedeutendsten ist, sondern weil dann auch die Wirkung der Wellen besonders sich fühlbar macht. Bei ruhigem Wetter und leichten Winden[21]) führen die von See anlaufenden Wellen Sand heran und häufen ihn in den äußeren Winkeln der Hafendämme an, so daß namentlich hier die Uferlinie des N.W. seewärts vorrückt, am ausgesprochensten auf der

17) 3. Teil, 2. Bd. S. 439, 2. Auflage.

18) Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer, Paris 1846. S. 122.

19) Vegaderingen v. h. Koningklyk Instituut v. Ingenieurs, 1878/79. S. 33ff.

20) v. Horn, der Seehafen von Ymuiden, Zeitschr. des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, 1885 S. 353ff und P. De Mey, Étude sur l'amélioration et l'entretien des ports en plage de sable. Paris 1894. S. 411ff.

21) De Mey, a. a. O. S. 195ff.

Seite der herrschenden Winde. Aber bei stürmischem Wetter und noch mehr bei Stürmen, die bei hohen Fluten zusammenfallen, häuft sich das Wasser am Ufer an, so daß hier bei fallendem Wasser mächtige Senkungsströmungen entstehen, deren Wirkungen sich mit denen der rücklaufenden Wellen vereinigen, um eine mehr oder minder beträchtliche Menge des auf dem oberen Teile des Strandes angehäuften Sandes seewärts und nach den Molenköpfen hin fortzureißen.

Ich habe diesen letzteren Punkt hier deshalb erwähnt, weil er bei der Beurteilung der Maßnahmen, die man zu treffen hat, um die Versandung der Fluthäfen zu bekämpfen, eine sehr bedeutsame Rolle spielt und weil ich mir wohl bewußt bin, daß, da ich bei meinen Versuchen die Wirkungen der Wellen und Sturmfluten nicht berücksichtigen konnte, diese Versuche nicht dazu angetan sind, die hier auftretenden Fragen erschöpfend zu erledigen.

Ende der 70er Jahre gaben die Entwürfe zu einem Seehafen für den Haag den beteiligten Ingenieuren Veranlassung, sich insbesondere auch mit der Frage zu beschäftigen, welche Richtung und Form die hier nötig werdenden Hafendämme erhalten müßten. Ich verweise auf den bereits erwähnten Entwurf von Waldorp, auf die Vorschläge von Caland und Dirks[22]) und auf einen Aufsatz v. Horns,[23]) zu dem er vermutlich durch die Erörterungen angeregt worden ist, die diese Entwürfe in dem Koninklyk Instituut van Ingenieurs hervorgerufen haben.

Nach Waldorp muß man die durch die Gegenströmungen hervorgebrachten Wirkungen zu mildern suchen, ohne das Einlaufen der Schiffe zu schädigen. Er schlägt zu diesem Ende vor, den Molenköpfen eine gebogene Form zu geben, so daß die Richtung, in der die Strömungen diese verlassen, um sich mit der allgemeinen Strömung außerhalb des Hafens zu vereinigen, der Küstenlinie möglichst parallel sei. Die durch den Flutstrom längs der Südermole mitgerissenen Sandmassen würden sich noch nördlich der gegenüberliegenden Mole niederschlagen, aber näher dieser, etwa fast innerhalb der an das Ende der Südermole gelegten Tangente. Die Ablagerungen würden daher die Hafeneinfahrt freier lassen und die daselbst erzeugten Brecher würden weniger gefährlich sein. Anderseits würde der — außer dem allgemeinen durch das Bauwerk hervorgerufenen Hauptwirbel — entstehende Nebenwirbel, den der Flutstrom jenseits des südlichen Molenkopfs bewirkt, sich auf ein Kleinstmaß vermindern, weil dieser Strom das letzte Ende der Mole fast tangential und weniger schroff verlassen würde als gerade Molenenden, die, wie in Ymuiden, unter 45° gegen die Richtung der Strömung geneigt sein würden. v. Horn hat sich im wesentlichen diesen Ansichten Waldorps angeschlossen und kommt bei der Erörterung der drei in Abb. 11 bis 13 Bl. 46 wiedergegebenen Molenanordnungen ebenfalls zu dem Schlusse, daß bezüglich der Versandung der Hafeneinfahrt der Anordnung nach Abb. 13 Bl. 46 der Vorzug zu geben sei. Auf die Frage, welchen Einfluß Richtung und Form der See-Enden der Hafendämme auf deren Standsicherheit und auf die Wellenbildung in ihrer Umgebung ausüben, gehe ich hier nicht ein, da sie in meinen Versuchen keine Berücksichtigung finden konnte.

Ich habe vielmehr die drei von v. Horn miteinander in Vergleich gestellten Molenanordnungen im Flußbaulaboratorium nur einer vergleichenden Untersuchung hinsichtlich ihrer Versandungswirkungen unterworfen, wobei allerdings die Anordnung nach Abb. 12 Bl. 46 nicht ganz mit Abb. 2 des v. Hornschen Aufsatzes übereinstimmt, übrigens ein Umstand, der an dem Gesamtergebnis nichts ändert. Die in Zementmörtel 1:3 hergestellten Molen sind in den aus den Abbildungen ersichtlichen Abmessungen an der bezeichneten Gerinnestelle und im Anschlusse an die rechtseitige Gerinnewand nach Abb. 5 Bl. 46 eingebaut. Das Sandbett wurde wagerecht abgeglichen und — da es hier auf die Erzielung einer möglichst großen Querschnittsbreite ankam — bis zur gegenüberliegenden Gerinnewand ausgedehnt, so daß zwischen den Molenköpfen und dieser eine Lichtweite von 150 cm verblieb. Die Molen reichten etwa 2 cm über den Wasserspiegel. Bei jedem Versuche dauerte der Durchfluß drei Stunden, indem in der ersten halben Stunde in genau der gleichen Steigerung der Zufluß allmählich bis auf die Größtwassermenge von 31,1 sec/l vermehrt wurde. Die während des Durchflusses beobachteten Strömungserscheinungen sind in Abb. 12 Bl. 46 dargestellt. Die in Abb. 15, 16 und 17 Bl. 48 wiedergegebenen Lichtbildaufnahmen zeigen in großer Schärfe die Versandungen. Aus ihnen geht nicht nur überzeugend die von Waldorp behauptete Überlegenheit der Anordnung Abb. 17 Bl. 48 hervor, sondern Abb. 16 Bl. 48 zeigt auch — und das ist besonders wichtig — eine unverkennbare Ähnlichkeit mit der in Ymuiden tatsächlich eintretenden Versandung der Hafeneinfahrt.[24]) Ich glaube daher, daß diese Ergebnisse für sich sprechen und wohl geeignet sind, den Wert von Flußbaulaboratorien auch für gewisse im Seebau auftretende Fragen darzutun.

22) De Mey, a. a. O. Pl. XIX, Fig. 2, Pl. XXXVII, Fig. 2 und Fig. 3.

23) v. Horn, Über Richtung und Form der Seeenden von Hafendämmen an flachen und sandigen Seeküsten. Deutsche Bauzeitung 1892, S. 302ff.

24) Diese Ähnlichkeit würde eine noch größere geworden sein, wenn ich bei meinen Versuchen die Gegenwirkung der Ebbeströmung hätte veranlassen können. In dem erwähnten Entwurfe zu einem neuen Laboratorium soll auf die Möglichkeit der Erzeugung von Ebbe- und Flutströmungen Bedacht genommen werden.

Schutzbauten an der Helgoländer Düne.

Vom Wasserbauinspektor A. Geiße in Breslau.

(Mit Abbildungen auf Blatt 49 im Atlas.)

Allgemeines.

Das jetzige Helgoland besteht aus der Hauptinsel und der östlich von ihr in etwa 1100 m Entfernung liegenden Düneninsel (Abb. 10 Bl. 49). Die Hauptinsel ist ein steil aus dem Meere sich erhebender Felsen mit einem nach Osten zu vorgelagerten flachen Vorlande. Die Grundform des Felsens ist ein langgestrecktes stumpfwinkliges Dreieck, dessen lange Seite nach Südwesten zeigt. Seine größte Länge beträgt rd. 1600 m, seine größte Breite 500 m. Die Oberfläche des Felsens, das sogenannte Oberland, fällt unter etwa 3° nach Nordosten zu; sie liegt 28 bis 56 m über Niedrigwasser und ist 42 ha groß. Das Vorland — Unterland — ist 7 ha groß und liegt im Mittel 6 m über Niedrigwasser.[1]) Die Düneninsel hat wie die Hauptinsel eine von Nordwest nach Südost gestreckte Form. Der aus Sanddünen gebildete Teil ist 450 m lang und im Mittel 78 m breit und bedeckt 3,5 ha Grundfläche. Der höchste Punkt liegt etwa an der Stelle der früheren Nordwestbake auf + 11 m. Die Oberfläche fällt nach dem Südostende der Hügelkette zu und geht dort allmählich in den Strand über. Die Breite des Vorstrandes ist an den Langseiten bei Hochwasser 40 bis 50 m, bei Niedrigwasser 130 bis 150 m. Im Nordwesten ist eine breite Strandzunge — Olde Höven — vorgelagert, die bei Hochwasser 100 m und bei Niedrigwasser 600 m lang ist. Im Südosten endet die Düneninsel in einen 900 m langen, schmalen, größtenteils hochwasserfreien Geröllwall, Aade genannt.

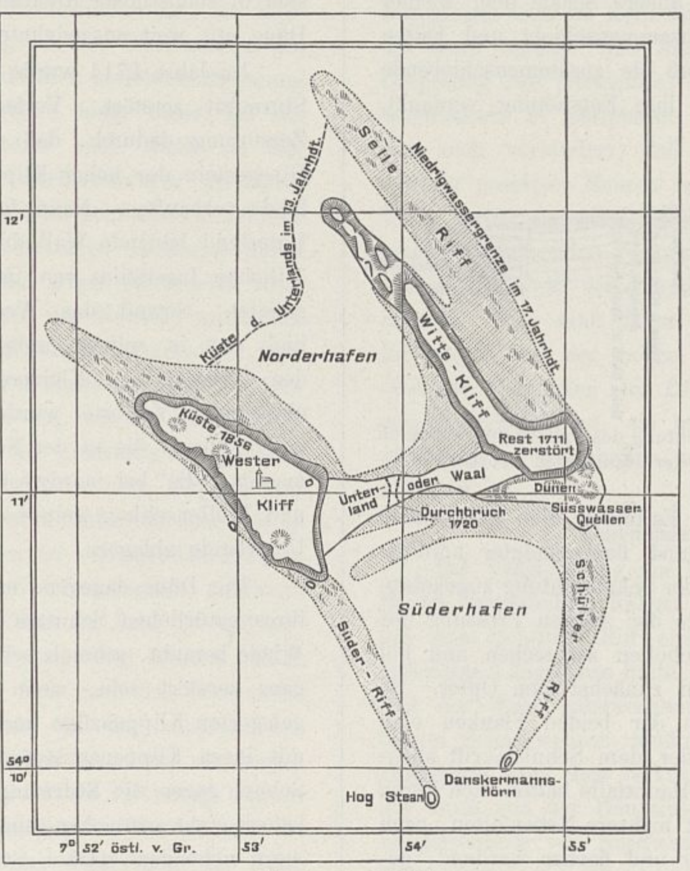
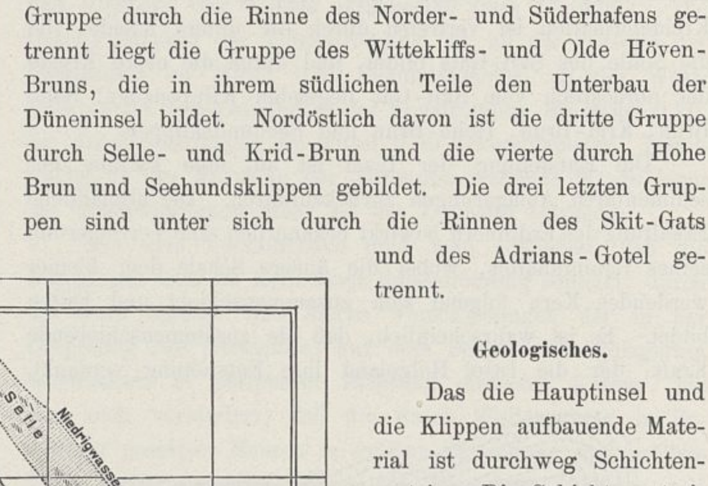


Abb. 1. 1:50000.

In der nächsten Umgebung der Hauptinsel und der Düneninsel liegen ausgedehnte Klippenzüge, die ebenfalls annähernd in der Richtung von Nordwest nach Südost verlaufen und sich in vier größere Gruppen einteilen lassen. Die größte im Südwesten gelegene Gruppe schließt sich unmittelbar an die Hauptinsel an; sie bildet in der nordwestlichen und südöstlichen Fortsetzung der Längenausdehnung der Insel Ausläufer von je 2 km Länge — Nathurn (Nordhorn) und Sathurn (Südhorn) Brun[2]) — und an den beiden Langseiten vor-



gelagerte Bänke von 300 bis 500 m Breite. Von dieser Gruppe durch die Rinne des Norder- und Süderhafens getrennt liegt die Gruppe des Wittekliffs- und Olde Höven-Bruns, die in ihrem südlichen Teile den Unterbau der Düneninsel bildet. Nordöstlich davon ist die dritte Gruppe durch Selle- und Krid-Brun und die vierte durch Hohe Brun und Seehundsklippen gebildet. Die drei letzten Gruppen sind unter sich durch die Rinnen des Skit-Gats und des Adrians-Gotel getrennt.

Geologisches.

Das die Hauptinsel und die Klippen aufbauende Material ist durchweg Schichtengestein. Die Schichten streichen sämtlich annähernd in der Richtung von Nordwest nach Südost und fallen nach Ostnordost. Der Fallwinkel schwankt zwischen 10 und 21°. Insel und Klippen sind Reste eines einst zusammenhängenden Felsstockes. Über die frühere Größe und Beschaffenheit der Insel sind nur wenige zuverlässige geschichtliche Unterlagen vorhanden. Eine in einer Karte vereinigte Zusammenstellung früherer durch geschichtliche Forschung festgestellter Grenzen und Strandlinien zeigt die Text-Abb. 1. Die darin enthaltenen Angaben stehen im Einklange mit den Aufzeichnungen von Augenzeugen der früheren Gestaltung und passen sich den jetzt noch vorhandenen Resten an. Der geologische Aufbau des jetzt noch vorhandenen Inselfelsens, die Tektonik der ihn umgebenden Klippen, die Gestaltung des Seegrundes in der näheren und weiteren Umgebung sowie die dynamische Wirkung des Meeres geben für die Entstehung der Insel, ihre ursprüngliche Ausdehnung und ihre allmähliche Zerstörung genügend zuverlässige Anhaltspunkte. Es ist anzunehmen, daß die ursprüngliche Grundform der Insel eine langgestreckte Ellipse war, deren große schwach nach Nordostzuost gekrümmte Achse sich in der Richtung Nordwestzunord nach Südostzusüd in etwa 8,5 km Länge erstreckte, wobei die kleine Achse etwa halb so lang war (Abb. 10 Bl. 49).

An dem Aufbau des Felsens sind die Dyas-, Trias- und Kreideformation beteiligt. Der Dyasformation gehört der Zechsteinletten als Liegendes des jetzt noch stehenden Inselfelsens an (Text-Abb. 2), während das Hangende durch den unteren Buntsandstein — in petrographischer Hinsicht ein

1) Die Höhen und Tiefen sind auf mittleres Niedrigwasser — Springzeit — als Nullhorizont bezogen; das mittlere Hochwasser — Springzeit liegt auf + 2,8 m. Das höchste am 15. Okt. 1881 beobachtete Hochwasser stieg bei (N.W.) Sturm bis + 4,60; das tiefste am 5. März 1881 beobachtete Niedrigwasser fiel bei (S.O.) Sturm auf — 1,65 m.

2) Brun bedeutet Brunne, Harnisch, Schutz.

verhärteter dolomitischer Tonmergel — der Triasformation gebildet wird. Zur Triasformation gehören ferner in der Reihenfolge, wie sie in nordöstlicher Richtung vom Inselfelsen aus zutage treten, der die Sohle des Norder- und Süderhafens bildende mittlere und obere Buntsandstein und der Muschelkalk des Wittkliff- und Olde Höven-Bruns. Die Kreideformation ist vertreten durch die untere Kreide, die die Sohle des Skit-Gats bildet, und durch die obere Kreide der nordöstlich vom Skit-Gat liegenden Klippenzüge: Selle Brun, Krid-Brun, Hohe-Brun und Seehundsklippen.

Die Entstehung der Insel ist auf eine Faltung der sedimentären Ablagerungen zurückzuführen. Die allmähliche Erkaltung des Erdinnern bewirkt bekanntlich eine Verringerung seines Rauminhaltes, wobei die äußere Schale dem kleiner werdenden Kern folgend sich zusammenschiebt und Falten bildet. Es ist wahrscheinlich, daß die zusammenschiebende Kraft, der die Insel Helgoland ihre Entstehung verdankt,

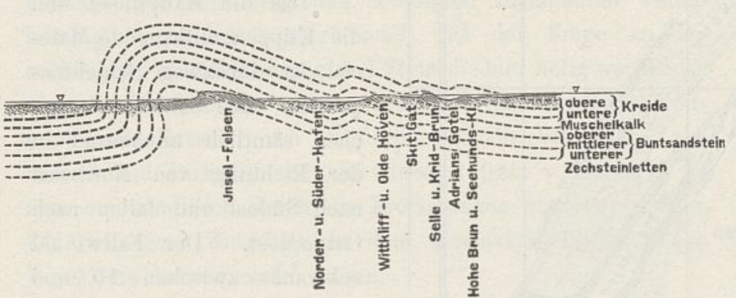


Abb. 2. Geologischer Schnitt in der Richtung des Fallens der Schichten an der Stelle der größten Breite der Hauptinsel. 1:70000.

aus südwestlicher Richtung kam. Es bildete sich eine schiefe Falte mit steiler südwestlicher und flachgeneigter nordöstlicher Flanke (Text-Abb. 2). Die der Schubrichtung zugekehrte südwestliche Flanke mußte infolge der starken Pressung des bereits erhärteten Gesteins in Schollen zerbrechen und fiel darum den zerstörenden Gewalten zunächst zum Opfer. So entstand etwa in der Bruchfuge der beiden Flanken eine steile Klippenwand. Innerhalb der dem Schubangriff abgekehrten nordöstlichen Flanke der Hauptfalte hatten sich durch Fortpflanzung der stauenden Kraft mehrere Nebenfalten, nach Nordosten zu allmählich niedriger und flacher werdend, gebildet. In den hierdurch entstandenen Mulden wurden die Schichten durch die Stauchung zerstört, das zerbröckelte Gestein wurde weggeschwemmt, und so entstanden die Rinnen des Norder- und Süderhafens, des Skit-Gats, des Adrians-Gotel und einige nicht mit Namen bezeichnete kleinere Rinnen. Auch in diesen Nebenfalten sind die nach Südwesten gerichteten, der stauenden Kraft zugekehrten Flanken stärker geneigt, als die nordöstlichen. Dementsprechend zeigen die nordöstlichen Uferränder der Rinnen einen steileren Abfall als die südwestlichen.

Allmähliche Zerstörung.

Als hauptsächlichste Zerstörungskräfte wirkten die Angriffe der Niederschläge sowie der Brandungsschlag, der infolge bedeutender Änderungen des Meeresspiegels in den verschiedensten Höhenlagen auftrat und zwar aus westlicher Richtung am heftigsten die am stärksten zerklüfteten Faltenflanken traf. Dazu kam vielleicht auch die erodierende Kraft der Inlandeisgletscher einer früheren Eiszeit, deren Spuren in erratischen Blöcken auf dem oberen Felsplateau der Hauptinsel und auf dem umgebenden Seegrunde als Reste ihrer Grundmoränen noch vorhanden sind.

Wie aus Text-Abb. 1 zu sehen ist, bestand bis in das achtzehnte Jahrhundert hinein außer dem Hauptfelsen, dem Westerkliff, noch ein durch den Norderhafen hiervon getrennter, etwas niedrigerer Felsen, das Wittekliff, dessen Liegendes, der untere Muschelkalk des jetzigen Wittkliff-Bruns, von mächtigen Gipsbänken überlagert war. Im Sturmschatten dieser beiden Felsen, des Westerkliffs und des Wittekliffs, hatten sich Geschiebemengen, die aus Zerstörungsprodukten der Felsen entstanden waren, angehäuft. Diese bildeten einen hochwasserfreien Verbindungsdamm — de Waal genannt — zwischen beiden Felsen. An das Wittekliff schloß sich in südöstlicher Richtung eine aus Quarzsand aufgewehte Düne mit weit ausgedehntem Vorstrande an.

Im Jahre 1711 wurde das Wittekliff durch eine schwere Sturmflut zerstört. Vorbereitet und befördert wurde die Zerstörung dadurch, daß die damaligen Inselbewohner das Gipsgestein der hohen Klippe abbauten, und nach dem Festlande verkauften. Neun Jahre später brach der das frühere Unterland bildende Wall durch. Die dauernde Trennung des östlichen Inselteiles von dem Hauptfelsen war hiermit eingeleitet. Soweit das Westerkliff allein noch Schutz bot, hielt sich in seinem unmittelbaren Sturmschatten ein Teil des Unterlandes. Kleinere, bei heftigen Südweststürmen eintretende Verluste wurden und werden auch jetzt noch ersetzt durch die an der Nordostklippe abgebröckelten Geröllmassen, die bei nordwestlichen Stürmen durch Strömung und Wellenschlag weiterbefördert werden und sich an dem Unterlande ablagern.

Die Düne dagegen, nach der Zerstörung des Wittekliffs ihres natürlichen Schutzes gegen die stürmischen westlichen Winde beraubt, schmolz schnell zusammen. Sie würde längst ganz zerstört sein, wenn nicht die nach Nordwesten vorgelagerten Klippenzüge und die westlich gelegene Hauptinsel mit ihren Klippenausläufern ihr einen wenn auch geringen Schutz gegen die Sturmangriffe böten. Dieser Schutz würde jedoch nicht ausreichen, um bei lange anhaltenden, aus Nordwest wehenden starken Stürmen die Düne vor der völligen Vernichtung zu bewahren. Die Dünenhügel würden verschwinden und nur eine kahle Sandbank übrig bleiben; diese würde allerdings erst mit dem Untergang des Hauptfelsens und der Klippen völlig zerstört werden, da die im Schatten der Klippen und des Inselfelsens herrschende Nehrströmung die Sandmassen größtenteils zusammenhält.

Meeresströmungen.

Die Tidenströmung hat in der freien See bei Helgoland eine Richtung von Westnordwest nach Ostsüdost. In der nächsten Umgebung des Klippengebietes erleidet die Richtung durch den Stau des Stromes an den Klippenrändern und durch den Verlauf der zwischen den Klippen zu Strombetten ausgebildeten Rillen mannigfache Änderungen. Der aus westnordwestlicher Richtung andringende Flutstrom staut sich an den aus dem Meeresboden aufsteigenden Klippen und teilt sich etwa dort, wo in Abb. 10 Bl. 49 die nördliche Krümmung der ideellen Umgrenzungslinie der ursprünglichen Insel angegeben ist in eine Nordost-, eine Mittel- und eine Südwestströmung. In ihrem Weiterlaufe schmiegen diese sich den Klippenrändern

an. Ein Teil der Mittel- oder Hafenströmung zweigt sich in die beiden Buchten des Skit-Gats und des Adrians Gotel als Buchtenströmung ab. Die Südweströmung und die Mittelströmung vereinigen sich südlich vom Süderhafen und nehmen dem Laufe der südöstlichen Krümmung der in Abb. 10 Bl. 49 dargestellten Ellipse folgend eine östliche Richtung an. Schließlich biegen sie als Nehrströmung um die Südostspitze der Düneninsel, überwinden die schwächere Nordostströmung und fließen an der Nordostseite der Düneninsel in nordwestlicher Richtung weiter. Erst wenn beim weiteren Steigen der Flut die nordwestlich der Düneninsel gelegenen Klippen überflutet werden, vereinigt sich ein Teil der Mittelströmung und die im Skit-Gat und Adrians Gotel mittlerweile aufgestaute Buchtenströmung mit der Nordostströmung, die hierdurch verstärkt die Nehrströmung an der Nordostseite der Düneninsel überwindet und eine südöstlich gerichtete Strömung erzeugt. In ihrem weiteren Verlaufe biegt diese um die Südspitze der Düneninsel westwärts und fließt an der Südwestseite der Düneninsel als nordwestwärts gerichtete Nehrströmung weiter. Dieser Nehrstrom geht dann allmählich in den Ebbestrom über, der in derselben Richtung durch die Hafenrinne abfließt. Zu berücksichtigen ist hierbei noch, daß die Flutwelle in diesem Teile der Nordsee mit einer Geschwindigkeit von 48 km in der Stunde ostsüdöstlich fortschreitet; sie trifft demnach an dem nordwestlichen Klippenrande um rund 10 Minuten früher ein, als am südöstlichen Ende des Klippengebietes. Infolge des hierdurch entstehenden Oberflächengefälles bildet sich in dem durch Klippen eingeengten Hafenschlauche ein starker Abflußstrom aus, der in dem gleichmäßig sich nach Südosten zu verengenden Trichter des Norderhafens allmählich an Geschwindigkeit zunimmt, aber an der zwischen Insel und Düne als Rest der „Waal" noch liegenden Barre wieder eine Verzögerung erleidet. Nach Überströmen der Barre wendet er sich nach der Dünenseite und fließt mit anfangs sehr starker, mit der zunehmenden Erweiterung des Querschnitts allmählich schwächer werdenden Geschwindigkeit nach Südosten ab. Diese Strömung beginnt schon, bevor an der Düne der niedrigste Wasserstand erreicht ist und im übrigen Teile der Umgebung der Düne noch Ebbeströmung herrscht. Sobald die Klippen überströmt sind, die den nordwestlichen Teil des Schlauchs begrenzen, wird die Geschwindigkeit mit der Querschnittserweiterung geringer. Der Verlauf dieser Erscheinung würde in umgekehrter Richtung erst im letzten Abschnitte der Ebbe derselbe sein; während aber der nördliche Hafentrichter, der mit seiner Mündung der Flutwelle zugewendet ist, dem eindringenden Wasser ein tiefes und breites Bett zur Aufnahme bietet, zeigt der südliche Trichtermund eine in Lage, Breite und Tiefe sehr ungünstige Beschaffenheit für die Entwicklung einer kräftigen Ebbeströmung. Der Ebbestrom, der aus ostsüdöstlicher Richtung kommt, staut sich an der Stelle des südöstlichen kurzen Bogens der Ellipse an dem hier sehr steil aufragenden Klippenrande, teilt sich in die zwei Hauptströmungen, eine Nordost- und eine Südweströmung, und in eine Nebenströmung, die Mittel- oder Hafenströmung, die sämtlich nur wenig abgelenkt in nordwestlicher Richtung fließen. Wesentliche Nehrströmungen ruft der Ebbestrom nicht hervor. Da die den beiden Inseln hier vorgelagerten Klippen allmählich schmäler und tiefer werden, so vereinigen sich die drei Strömungen nordwestwärts so gleichmäßig, daß merkliche Ablenkungen von der gemeinschaftlichen nordwestlichen Richtung nicht eintreten.

Dieses Strömungsbild, das normale Wind- und Wetterverhältnisse voraussetzt, wird je nach Wasserstand, Stärke und Richtung des Windes naturgemäß stark beeinflußt. Die Geschwindigkeit der Tidenströmung ist an der Ostseite der Düneninsel im Mittel 0,50 Sekundenmeter; an der Westseite ist die Geschwindigkeit der Flutströmung im Mittel 0,70, die der Ebbeströmung im Mittel 0,50 Sekundenmeter. Durch starke, in der Richtung der Strömung wehende Winde kann die Geschwindigkeit mehr als das Doppelte betragen.

Aus dem Vorstehenden muß man schließen, daß die Düneninsel sich im Kern einer Rundströmung befindet, durch die wohl häufige und starke Verschiebungen der in der Umgebung der Düneninsel auf dem Seegrunde abgelagerten Sandmassen in peripherer Richtung eintreten können, die aber auch verhindert, daß die durch Wellenschlag in Bewegung gesetzten Massen in größere Entfernung und größere Tiefe geführt werden. Nur bei besonders heftigen und lange andauernden Sturmfluten werden wohl größere Massen so weit verschlagen, daß sie als verloren gelten müssen. Man muß daher annehmen, daß der größte Teil der bisher von der hohen Düne gerissenen Massen in der nächsten Umgebung der Düneninsel noch vorhanden ist, so daß es möglich ist, sie bei ihrem Kreislauf um die Düne aufzufangen, festzuhalten und der hohen Düne wieder zuzuführen.

Lagenänderung der Düne.

Bei Vergleichung der beiden in Text-Abb. 1 u. Abb. 10 Bl. 49 dargestellten Karten ergibt sich, daß die alte Düne mit dem Schülver Riff eine mehr von Norden nach Süden gerichtete Längsachse hatte, dem Sturmschatten des Wittekliffs und der Waal entsprechend. Nach der Zerstörung dieser beiden Schutzwehren mußte sich die Düne mit ihrem Riff allmählich nach dem verkürzten Sturmschatten, der nunmehr nur noch von der Hauptinsel ausging, umlagern und eine Längsrichtung von Nordwest nach Südost annehmen. Diese Schwenkung der Dünenachse ist noch nicht beendet. Ein Maß für das allmähliche Fortschreiten der Drehung ist durch Vergleichung früherer Aufnahmen festgestellt worden. So hat sich die Achse der Düne in einem Zeitraume von 44 Jahren (von 1855 bis 1899) etwa um den Punkt der Ost-Bake im linksdrehenden Sinne um 15^0 gedreht. Ein sicherer Anhaltspunkt für diese Lagenveränderung ist es auch, daß alte Befestigungswerke, die in den Jahren 1855 bis 1866 am nordöstlichen Dünenrande angelegt worden sind, bei der im Dezember 1895 eingetretenen starken Verflachung des südlichen Südwestrandes zutage traten. Die Reste dieser Werke sind in Abb. 11 u. 12 Bl. 49 eingetragen.

Bedeutung der Düne.

Die Düneninsel wurde bis zum Anfang dieses Jahrhunderts von den jeweiligen Besitzern Helgolands als ein wertloses Anhängsel angesehen, das einer besonderen Fürsorge nicht wert war. Erst als im Jahre 1826 Helgoland in die Reihe der Seebäder eintrat, erkannte man den hohen Wert der Düne und begann sie zu schützen. Die Bedeutung der Düne wurde noch erhöht, als später auf ihr Schiffahrtszeichen

zur Bezeichnung der engen Einfahrten in den Norder- und Süderhafen, ferner ein Raketenapparat, eine Proviantstation und ein Unterkunftshaus für Schiffbrüchige errichtet wurden.

Frühere Mittel zur Erhaltung der Düne.

Die Mittel, die anfangs von der Helgoländer Gemeinde zur Erhaltung der Düne angewandt wurden, waren nicht sehr wirksam. Zunächst wurde die Entnahme von Sand zu Haushaltungszwecken, wie sie früher in geringem Maße stattfand, nur unter der Bedingung erlaubt, daß eine gleiche Menge Geröll von der Felseninsel an die Entnahmestelle gebracht wurde. Schädliche Rillenbildungen auf Olde Höven und in der Längsrichtung des Südwestrandes wurden durch Reihen von Körben, die mit Steinen gefüllt wurden, geschlossen. Da aber nur Körbe zu Gebote standen, in denen Porter und Ale auf der Insel eingeführt waren, so konnte von einer ausreichenden Anwendung dieses Mittels nicht die Rede sein. An den am meisten gefährdeten Stellen wurden an den seeseitigen Dünenhängen Buschzäune zur Festlegung

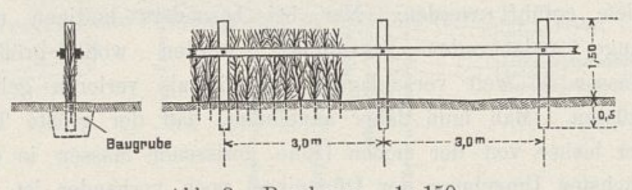
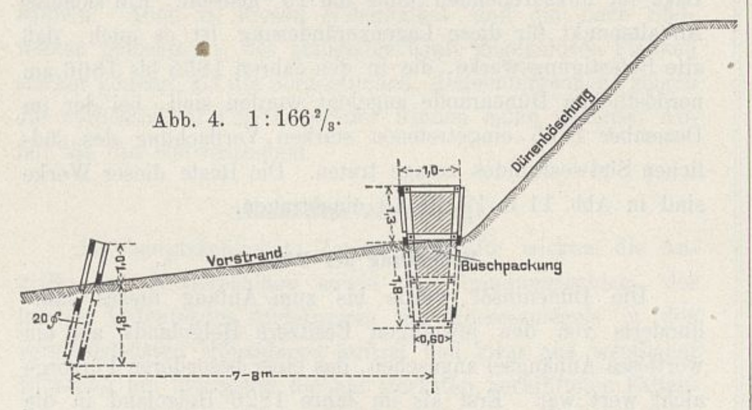


Abb. 3. Buschzaun. 1 : 150.

des Flugsandes angelegt. Diese Zäune, von denen einer etwa in der Linie des Dünenfußes und ein zweiter parallel laufend am Dünenhange angelegt wurden, hatten die in der Text-Abb. 3 dargestellte Form. Die Zäune waren bei ihrer großen Höhe, ihrer ungleichmäßigen Kronenlinie und in ihrer Stellung zum Dünenhange nicht geeignet, den angewehten Sand in der gewünschten Gleichmäßigkeit aufzufangen und abzulagern. Eine wesentliche Verbesserung in der Gestaltung des über Hochwasser liegenden Teiles des Vorstrandes und der seeseitigen Dünenhänge wurde hierdurch nicht erreicht. Auf der hohen Düne und in beschränktem Umfange auch zwischen den Zäunen wurde Halm gepflanzt (Sandhafer, *Amophila arenaria)*.

Nach einer am 1. Januar 1855 infolge eines schweren Nordweststurmes eingetretenen starken Beschädigung der Düne wurden etwas kräftigere Mittel zu ihrer Erhaltung angewandt. Zum Schutze der infolge der Sturmangriffe steil abfallenden seeseitigen Dünenböschung wurde rund um die

Abb. 4. 1 : 166 2/3.



Düne hart am Fuße der Böschung eine doppelte Pfahlreihe eingegraben, deren Zwischenraum mit Busch ausgepackt wurde. Text-Abb. 4 zeigt einen Querschnitt dieses Körpers. Der Abstand der Pfähle in der Reihe war etwa 0,5 m. In der Längsrichtung der Reihen wurden Latten zur Versteifung angenagelt. Der Busch wurde in zwei bis drei Lagen eingelegt, jede einzelne Lage mit Würgeketten zusammengepreßt und durch Querlatten festgelegt. An dem Nordoststrande entlang, wo der Sturmangriff am heftigsten war, wurde außerdem in 7 bis 8 m Abstand von diesem Bollwerk und parallel dazu eine Reihe von Pfählen mit etwa 1 m Abstand eingegraben und durch Längslatten, wie in Text-Abb. 4 angedeutet, verbunden. Die Ausführung dieser Schutzwerke dauerte etwa 10 Jahre und wurde 1866 beendet. Die am Nordoststrande angelegten Werke versandeten bald infolge der oben erwähnten Schwenkung der Düne nach Osten zu und traten als Sturmschutz nicht in Wirksamkeit. Die früher erwähnten Reste alter Schutzwerke, die in Abb. 12 Bl. 49 angedeutet sind, gehören dieser Befestigungsart an. An der Südwestseite konnte das leichte Schutzwerk das allmähliche Zurückweichen der hohen Düne nicht aufhalten. Die Sturmbrandung zerstörte die Werke. Trotzdem wurde dieselbe Ausführungsart an dem zurückgetretenen Dünenfuße mehrfach wiederholt.

Die in den folgenden Jahren bis zum Jahre 1881 zur Erhaltung der Düne ausgeführten Arbeiten wurden auf Veranlassung der jeweiligen englischen Gouverneure ausgeführt, die nach einer Revision der Verfassung der Insel im Jahre 1868 unumschränkte Macht erhielten. Zunächst wurden im südlichen Teile des Südweststrandes umfangreichere Arbeiten ausgeführt. Als dort nämlich eine holländische Kuff gestrandet war und um das Wrack herum, das nicht sofort beseitigt wurde, starke Auskolkungen entstanden, rammte man in 4 m Entfernung vom Dünenfuße auf 300 m Länge eine dichtstehende Pfahlreihe. Die Pfähle waren im Mittel 30 cm stark, standen 3 m im Boden und ragten 3 m über Strand. Unter sich waren sie durch Längslatten verbunden. Die Auskolkungen dehnten sich nun auch auf die Umgebung der Pfahlwand aus, bis die Pfähle so weit freigespült waren, daß sie durch die Brandung fortgeschlagen wurden. Von dieser Zeit an blieb die Beschaffenheit dieses Strandteiles eine dauernd ungünstige, bis etwa 26 Jahre später im Jahre 1896 die in Abb. 9 Bl. 49 dargestellten kurzen Strandbuhnen A bis E aus Packwerk hergestellt wurden, die eine gesunde Strandgestaltung an dieser Stelle einleiteten.

In den Jahren 1870 bis 1881 blieb die Düne größtenteils sich selbst überlassen. Erst als ein im Oktober 1881 herrschender schwerer Nordweststurm die Düne heimsuchte, wurden weitere Maßregeln zu ihrer Erhaltung dringend nötig. Es wurde beabsichtigt, die hohe Düne in ihrem ganzen Umfange mit einer festen Böschung zu versehen; und zwar sollten strahlenförmig vom Dünenfuße ausgehend in Abständen von im Mittel 3,5 m Betonkörper von 35 bis 40 cm Stärke und 80 cm unter Strand gegründet aufgeführt werden, deren Kronenlinien nach See zu eine Neigung $1:4\frac{1}{2}$ erhalten sollten. Der dünenseitig gelegene höchste Punkt sollte 6,5 m über Niedrigwasser liegen. Die Zwischenräume wollte man mit Busch und Steinen ausfüllen. Die Ausführung dieses Planes kam über einen kleinen Versuchsbau an der Nordwestspitze der Düne nicht hinaus. In Abb. 12 Bl. 49 bei a sind die beiden damals versuchsweise ausgeführten Betonkörper, die nach den Stürmen im Dezember 1895 zutage traten,

ersichtlich. Ein derartiges Schutzwerk würde vielleicht, solange es selbst unbeschädigt blieb, imstande gewesen sein, den Fuß der hohen Düne vor weiterem Abbruche zu bewahren. Da aber bei den damaligen Strandverhältnissen die Höhe des Strandes am Fuße der hohen Düne nur etwa 4 m über Niedrigwasser war, so würden die bei starken Stürmen und hohen Wasserständen auflaufenden Wellen die steile Steinböschung mit ungeschwächter Gewalt erreicht und sich dort gestaut haben. Die Wassermassen würden bei ihrem Rücklauf den Strand noch mehr verflacht haben, so daß die Standsicherheit des Böschungskörpers gefährdet worden wäre. Der Plan wurde nach Herstellung der oben erwähnten zwei Versuchspfeiler endgültig aufgegeben. Die Gründe hierfür sind nicht bekannt. Vermutlich waren die bedeutenden Kosten, die die Anlage erfordert haben würde, das Haupthindernis. Eine Schädigung des Strandes an der Südwestseite entstand auch noch durch eine im Jahre 1872 etwa an der Stelle der neuen Buhne VIII auf eisernen Pfählen errichtete Landebrücke. Die an den Pfählen brandende See verursachte Auskolkungen, die schließlich einen bedrohlichen Umfang annahmen. Die Brücke wurde deshalb im Jahre 1882 wieder abgebrochen.

Im Jahre 1882 wurde die Pflege der Düne in die Hände eines von dem Gouverneur und der Gemeinde zugleich gewählten „Dünen-Komitees" gelegt. Das Dünen-Komitee begann seine Tätigkeit damit, die durch den 1881er Sturm entstandenen Verluste zu decken, indem es an den Stellen, wo noch genügender Vorstrand vorhanden war, auf dem über Hochwasser liegenden Strandstreifen Gräben von 3,5 m Breite und 1 m Tiefe parallel zum Dünenfuß ausheben und den Aushubboden an die hohe Düne karren ließ. Die Gräben sollten sich durch Sandzufluß bei hohen Tiden und durch Flugsand wieder füllen. Die Folge war, daß der Vorstrand durch diese künstliche Rillenbildung noch mehr Schaden litt und der lockere, angekarrte Boden bei der nächsten hohen Tide fortgespült wurde. Zugleich wurden in geringem Umfange Halmpflanzungen und Fangzäune für Flugsand angelegt. Die an einigen Stellen zerstörten Buschkörper zwischen Pfahlreihen besserte man aus und an den am meisten gefährdeten Stellen legte man neue an. Bei der Neuanlage dieser Körper wurden abweichend von der früheren Anlage die beiden Pfahlreihen mit einer geringen Neigung nach der hohen Düne zu gesetzt, wie Text-Abb. 5 zeigt.

Im Jahre 1890 ging Helgoland in deutschen Besitz über. 1895 wurde von der Gemeinde ein Ausschuß von drei Mitgliedern des Dünen-Komitees zum Studium der Dünenkultur nach Swinemünde geschickt. Die Folge war, daß von dieser Zeit an die zum Auffangen des Flugsandes in den Schluchten der hohen Düne und am seeseitigen Dünenfuß angelegten Buschzäune planmäßig hergestellt wurden, was bis dahin nicht geschehen war. Es wurden rund um die Düne zwei bis drei Zäune parallel zum Dünenfuß in etwa 3 m Abstand von diesem und 3 m Abstand voneinander angelegt und so beschnitten, daß die Kronenlinien nach See zu ein Gefälle von etwa 1 : 10 erhielten. Am Nordwest- und Südostrande der Düne wurden außerdem kurze strahlenförmige Zäune mit Gefälle der Kronenlinie nach See zu aufgestellt. Eine ausgedehntere Bepflanzung mit Dünenhalm ging mit dieser Anlage Hand in Hand.

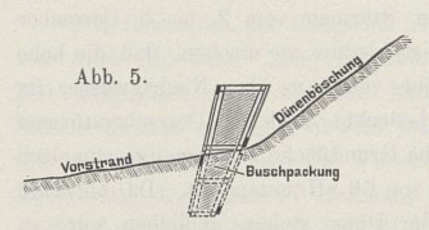


Abb. 5.

Ein am 22. Dezember 1894 herrschender Nordweststurm brachte der Düne große Verluste. Diesmal wurden durch Entnahme aus dem zwischen Hoch- und Mittelwasser gelegenen Teile des Vorstrandes die durch den Sturm an der hohen Düne entstandenen Verluste ersetzt. Außerdem wurden Fangzäune für Flugsand angelegt. Kaum ein Jahr später, in der Zeit vom 2. bis 5. Dezember 1895, wurden durch mehrere unmittelbar aufeinanderfolgende Hochfluten nicht nur die sämtlichen bisher angekarrten Massen fortgerissen, sondern es wurde auch ein großer Teil der alten gewachsenen Düne zerstört. Eine Umgrenzungslinie der hohen Düne nach dieser Zerstörung in der Höhe von 5 m über Niedrigwasser ist in den Abb. 11 u. 12 Bl. 49 gestrichelt eingetragen. Eine Lichtbildaufnahme des Strandes vom Punkte A aus in der Richtung des Pfeils (Abb. 12 Bl. 49) zeigt die Text-Abb. 6. Auf dieser sind auch die oben erwähnten im Jahre 1881 versuchsweise angelegten Betonkörper sichtbar.


Abb. 6.

In Abb. 11 u. 12 Bl. 49 ist der Verlauf der Niedrigwasserlinie, der Hochwasserlinie und der Umgrenzungslinie

der hohen Düne in + 5 m Höhe, und zwar in Abb. 11 Bl. 49 für das Jahr 1893 und in Abb. 12 Bl. 49 für das Jahr 1897 dargestellt. In beiden Abbildungen ist außerdem zur Vergleichung die Begrenzungslinie der hohen Düne in + 5 m Höhe nach den Stürmen vom 2. bis 5. Dezember 1895 eingetragen. Es ist hieraus zu ersehen, daß die hohe Düne, die in einer Höhe von 5 m über Niedrigwasser im Jahre 1893 noch 4,4 ha bedeckte, nach den Dezemberstürmen des Jahres 1895 auf 1,5 ha Grundfläche zusammengeschmolzen war, was einem Verluste von 66 vH. entspricht. Da immerhin noch der höhere Teil der Düne stehen geblieben war, so war der Verlust an Masse nur 49 vH. Während die mehr als 5 m über Niedrigwasser liegende Masse 1893 noch 78000 cbm betrug, waren nach den Dezemberstürmen 1895 nur noch 40000 cbm davon vorhanden.

Da ein regelrechter Badebetrieb auf der verkleinerten Düne nicht möglich war, so entschloß sich die Helgoländer Gemeindevertretung, die nach der im Jahre 1890 erfolgten deutschen Besitzergreifung die Sorge für die Düne wieder übernommen hatte, auch diesmal, den Verlust durch Anfuhr von Sand aus dem Vorstrande zu decken. Die Entnahme geschah aber vorsichtigerweise nur aus dem unter Mittelwasser gelegenen Strandteile. Es wurden im ganzen 40000 cbm Sandboden an die hohe Düne gebracht. Der Sand wurde größtenteils von der nordwestlichen Strandzunge, Olde Höven, zu einem geringeren Teile von der Mitte der Aade und vom südlichen Teile des Nordoststrandes entnommen. Hand in Hand mit dieser Ausführung ging eine Sicherung des äußeren Böschungsfußes durch Buschkörper zwischen Pfählen, wie in Text-Abb. 5 im Querschnitt dargestellt ist.

Nach Vollendung der Anschüttung bedeckte die hohe Düne in der auf + 5 m liegenden wagerechten Ebene 3,25 ha Grundfläche mit einem Inhalte von 69000 cbm. Die Verluste für diesen Teil der Düneninsel waren demnach gegen den Zustand vor den Stürmen 1894 und 1895 bis auf 26 vH. in der Fläche und bis auf 11,5 vH. dem Inhalte nach ersetzt worden, allerdings auf Kosten der gesunden Beschaffenheit des Vorstrandes, der durch die bedeutende Entnahme stark gelitten hatte.

Dem augenblicklichen Bedürfnisse, das Seebad rechtzeitig zu eröffnen, war hiermit notdürftig genügt; eine Sicherung der hohen Düne aber war keineswegs erreicht. Bei einer Wiederholung der Sturmangriffe würden die wenig widerstandsfähigen Massen des angekarrten Bodens weggewaschen worden sein. Es wurde befürchtet, daß der dann noch verbleibende kleine Rest sehr bald zerstört werden und ein nutzloses und gefährliches Sandriff entstehen würde. Die Gemeinde Helgoland, deren hauptsächlichste Einnahmequelle das Seebad auf der Düneninsel ist, hätte dann verarmen müssen, wenn sich keine andere Erwerbsquelle fand. Um diesem Schicksale zu entgehen, hatte die Gemeinde Aufwendungen gemacht, die ihre Mittel vollständig erschöpft hatten. Weitere Maßregeln zu treffen, die einen dauernden Schutz der Düne gewährleisten konnten, war sie außerstande. In ihrer Not wandte sich die Gemeinde an den Kaiser Wilhelm II. mit der Bitte um Hilfe. Der Kaiser versprach zu helfen und beauftragte den Oberbaudirektor L. Franzius in Bremen, einen Vorschlag zur dauernden Erhaltung und Vergrößerung der Düne zu machen.

Der Franziussche Vorschlag zur Erhaltung der Düne.

Dieser Vorschlag geht von der Voraussetzung aus, daß eine Düne zu ihrer Erhaltung einer dauernden und genügenden Zufuhr frischen Seesandes bedarf, weil nur in solchem die verschiedenen Dünenpflanzen so gedeihen, daß sie sowohl den Sand vor dem Verwehen schützen, als auch zum Ersatz der durch Wellen jeweilig weggeschlagenen Dünen wieder neue sogenannte Vordünen bilden können. Es heißt in dem Vorschlage dann weiter: Die Zufuhr frischen Sandes dürfe jedoch nur durch die Wirkung der Naturkräfte, Wellenschlag, Strömung und Wind erfolgen, da nur hierdurch eine dauernde, allmähliche und gleichmäßige Bewegung und eine feste und widerstandsfähige Lagerung der Massen möglich sei. Eine Förderung der Massen durch menschliche Mittel ließe sich wegen ihrer Kostspieligkeit wirtschaftlich nicht rechtfertigen; außerdem würde hierbei der Vorstrand durch die Entnahme des Sandes in der notwendigen Gleichmäßigkeit geschädigt, die aufgeschütteten Massen würden den Angriffen der See nur geringen Widerstand leisten können, und ein gedeihliches Wachstum der Dünenpflanzen, die mit ihrem tief in den Grund greifenden Wurzelgeflecht der Masse den erforderlichen Zusammenhalt geben sollen, sei ausgeschlossen. Seien demnach genügende Sandmengen in der Umgebung der Düne im Meere vorhanden und sei eine Gewinnung dieser Mengen zum Nutzen der Düne bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen ohne künstliche Hilfe nicht möglich, so könne man nur zum Ziel gelangen, wenn durch geeignete Mittel den Naturkräften die Wege gewiesen und vorbereitet würden. Der Sand müsse durch die Kräfte der See zum Strande getragen und, wenn der Strand vor der Düne durch die Ablagerung des Sandes die nötige Breite erlangt habe, durch die Wirkung des Windes den Dünen zugeweht werden. Nun müsse man, wie ja auch aus den vorstehenden Erörterungen über die allmähliche Zerstörung der Helgoländer Düne hervorgeht, annehmen, daß in der Umgebung der Düneninsel genügende Sandmengen vorhanden seien. Die jetzige Lage der Düneninsel, die nur nach Westen durch die Hauptinsel und nach Nordwesten durch die vorgelagerten Klippen Schutz erhält, im übrigen aber den Stürmen schutzlos preisgegeben ist, würde eine Wiedergewinnung der verlorenen Sandmassen ohne künstliche Hilfe unmöglich gemacht haben. In dem Vorschlage ist weiter gesagt, daß die bisher an anderen größeren und geschützteren Inseln mit einigem Erfolge angewandten Schutzmittel, kurze Buhnen und Dünenschutzwerke usw., für den hier vorliegenden Zweck ungeeignet sind, weil sie durchweg nur etwa bis zur Niedrigwasserlinie reichen und im allgemeinen zu wenig auf eine Vergrößerung des Strandes hinwirken. Sie würden hier nicht einmal genügen, das Bestehende sicher zu schützen. Der Standpunkt einer bloßen Verteidigung sei deshalb hier zu verlassen und angriffsweise gegen das Meer vorzugehen, um es zu zwingen, den um die Düneninsel bewegten Sand zur Vergrößerung des Strandes und zur Bildung neuer, die alte Düne umschließender Dünen herzugeben. Es sollte das durch Sturmfluten zeitweilig fortgeschwemmte Material der Düne und des Vorstrandes stets reichlich wieder vom Meere ersetzt werden. Ein solcher Zwang aber soll nach dem Vorschlage durch genügend weit vor den jetzigen Strand vorspringende Dämme ausgeübt werden, die an die Düneninsel anschließend

nach allen Seiten strahlenartig in das Meer und zwar bis tief unter Niedrigwasser sich erstrecken. Diese sollten dann den Strand vor dem Wellenangriff und vor zeitweiliger örtlicher Strömung schützen und zugleich bei den verschiedensten Wind- und Wellenrichtungen den Sand auffangen, der in den Gezeitenströmungen und den hier zeitweise sehr stark auftretenden Nehrströmungen unnütz um die Düne herumtreibt. Ihre Wirkung sollte nach Bedürfnis durch leichtere Quer- und Zwischenwerke verstärkt werden. Der aufgefangene Sand sollte dann, nachdem die auflandige Brandung und weiter die Wirkung des Windes ihn am hohen Strande abgelagert hat, in üblicher Weise, aber tunlichst rasch an den Dünen durch Bepflanzung festgelegt und zur Bildung von Vordünen benutzt werden.

Die Hauptdämme — in dem Lagenplan Abb. 9 Bl. 49 und in den Längenschnitten Abb. 1 bis 8 Bl. 49 mit I bis VIII bezeichnet —, die in möglichst billiger Bauweise aus Faschinenbusch und Steinen herzustellen waren, sollten nur wenig über den zeitweiligen Boden hervorragen, um nicht zu hohe Wellen zu erzeugen. Es wurde angenommen, daß sie ebenso wie die noch leichteren und einfacheren Zwischenwerke nach einigen Jahren vom Sande bedeckt sein und ihren Hauptzweck alsdann erfüllt haben würden, daß sie aber auch noch später von Wert seien, indem sie bei zeitweiligen, durch ausnahmsweis heftige Stürme verursachten Rückschlägen nach kurzer Zeit den erwünschten Normalzustand in der Erhöhung des Strandes wieder herstellen würden. Wo der natürliche Boden anfangs verhältnismäßig tief war, sollten die hier angelegten Dämme nach erfolgter Auflandung ebenfalls entsprechend erhöht werden, so daß nach einigen Jahren eine höhere und dabei gleichmäßigere Lage der ganzen von den Dämmen beeinflußten Grundfläche geschaffen würde.

Für die Ausführung wurde es als nicht ratsam erachtet, die sämtlichen Dämme in ganzer Länge in einem einzigen Jahre zu bauen, weil erst nach eingetretener Wirkung der einzelnen Teile ihre Erweiterungen zweckmäßig schienen, und weil auch die Erfahrungen der ersten Bauzeit den späteren Ausführungen zugute kommen sollten. Es war deshalb eine dreijährige Bauzeit angenommen.

Nach dem Vorschlage wurde von diesen Bauten nicht nur eine Erhaltung, sondern auch eine bedeutende Vergrößerung der Düneninsel erwartet. Starke Sturmfluten würden zwar noch immer die Düne beschädigen, aber wegen des höheren Vorstrandes in schwächerer Weise.

Die Kosten der Ausführung sind von dem Oberbaudirektor Franzius in dem Vorschlage zu $1^1/_2$ Millionen Mark veranschlagt.

Probebuhnen.

Da Erfahrungen über die Ausführbarkeit und Haltbarkeit derartiger Bauten an einem den Stürmen sehr stark ausgesetzten Strande nicht vorlagen und gewichtige Stimmen sich gegen die Ausführbarkeit, Haltbarkeit und Zweckmäßigkeit ausgesprochen hatten, so wurden auf Befehl des Kaisers in den Jahren 1896 und 1897 nach dem Vorschlage des Oberbaudirektors Franzius zunächst drei Probebuhnen an dem den Angriffen am meisten ausgesetzten Teile des Dünenstrandes ausgeführt. Die Probebuhnen sind Teile der Buhnen II, IV und VIII. Die Probebuhne IV in 355 m Gesamtlänge wurde in den Monaten August und September 1896, die Probebuhnen II (431 m) und VIII (315 m) in den Monaten Juli, August und September 1897 ausgeführt. Die Ausführbarkeit war durch den Bau dieser Probebuhnen hinlänglich bewiesen.

Für Seebauten bei Helgoland ist die günstigste Bauzeit von April bis Juni. Die Probebuhnen waren nach dieser Zeit ausgeführt, und der Bau hatte keine nennenswerten Schwierigkeiten gemacht, obwohl jede Erfahrung für die Ausführungsweise fehlte und die Wetterverhältnisse während der Ausführung der Buhne IV durchaus ungünstig, während der Ausführung der Buhnen II und VIII normal waren.

Die über Niedrigwasser gelegenen Teile der Probebuhnen wurden dem Franziusschen Vorschlage gemäß in leichtem und billigem Packwerkbau, die unter Niedrigwasser gelegenen Teile in Senkstückbau hergestellt. Der Packwerkkörper wurde in einer und in zwei Lagen angelegt. Für die untere Lage wurde ein Sandkoffer ausgehoben und der fertige Buschkörper mit dem Aushubsande bedeckt. Der Buschkörper war, nachdem er ein- bis zweimal von dem steigenden Wasser überspült war, derartig von Sand und Kies durchsetzt, daß er auch starken Angriffen genügenden Widerstand leisten konnte. Eine Beschwerung durch Steine, die ursprünglich geplant war, wurde als entbehrlich angesehen. Eine Ausführung des Packwerks ohne Steinbelastung hat den Vorteil, daß mit dem allmählichen Wachsen des Strandes eine Aufhöhung des Buhnenkörpers in jeder beliebigen Stärke leicht vorgenommen werden kann, und daß sie außerdem sehr billig ist. Die Bauweise wurde deshalb auch bis zum Schlusse der Ausführung des Entwurfs beibehalten, trotzdem im Winter 1898 Teile der Packwerkstrecken der Probebuhnen II und IV infolge anhaltender Sturmangriffe aus nordwestlicher Richtung zerstört wurden. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß die Düne im Winter 1898 unbewohnt war und die Zerstörung erst bemerkt wurde, als sie bereits einen größeren Umfang angenommen hatte. Auch eine verhältnismäßig rasche Verrottung des Buschkörpers, wie sie von verschiedenen Seiten befürchtet war, wurde nicht festgestellt. Die Strecken der Probebuhnen, die nicht durch nachträgliche Aufhöhungen bedeckt waren, an denen also nach ihrer Herstellung nichts geschehen war, zeigten noch nach drei Jahren sowohl in dem Buschkörper, als auch in den zur Befestigung des Buschkörpers angebrachten Pfählen, Drähten und Krampen eine genügende Festigkeit. Hierzu kommt noch, daß die Packwerkstrecken eine weit geringere Bedeutung haben, als die in ihrer Längenausdehnung etwa um das Dreifache überwiegenden und wesentlich teuereren Senkstückstrecken, daß ferner die über Niedrigwasser liegenden Packwerkstrecken leichter zugänglich sind, so daß beginnende Zerstörungen leichter bemerkt und zu jeder Jahreszeit auch mit wenig geübten Kräften und ohne kostspielige Hilfsmittel auszubessern sind. Außerdem ist nach dem Grundgedanken des Entwurfs angenommen, daß diese Strecken bereits nach kurzer Zeit vollständig vom Sand bedekt sein werden und dann in der Hauptsache ihren Zweck erfüllt haben werden. Eine kräftige, jede Beschädigung ausschließende und deshalb teuere Bauweise wurde daher für den beabsichtigten Zweck als unnötig und unzweckmäßig angesehen. Die leichte Ausführung wurde beibehalten selbst auf die Gefahr hin, einzelne beschädigte Strecken wiederherstellen zu müssen.

Für den Packwerkkörper der Buhne IV war eine Breite von 9 m vorgeschrieben. Um ein Unterwaschen der Ränder zu verhüten, wurde der Sandkoffer an den Seiten tiefer als in der Mitte ausgehoben (Text-Abb. 7). Die Grundlage des Packwerkkörpers wurde im Querschnitt mit der gleichen Stärke von rd. 40 cm ausgeführt, während die um 1 m schmälere Decklage eine Randstärke von nur 10 cm bei einer größten Stärke in der Mitte von 40 bis 50 cm erhielt, um die Krone des Buhnenkörpers im Querschnitt möglichst glatt

0,15-0,20 0,40-0,45 9,0

Abb. 7. 1 : 200.

zu gestalten. Es stellte sich nun heraus, daß die hohe Kante der Grundlage, wenn sie einmal freigespült wurde, dem Wellenangriffe zu viel Fläche bot. Es wurde deshalb bei der Fortsetzung der Bauten die Grundlage ebenfalls mit 10 cm Randstärke und um 1 bis 2 m breiter ausführt, um bei Aufbringung weiterer Lagen das Quergefälle nicht zu steil werden zu lassen. Die größere Breite wurde da gewählt, wo die größte Aufhöhung des Strandes zu erwarten war und wo dementsprechend eine größere Anzahl von Lagen auszuführen war. Ein Querschnitt dieser Bauweise in vier Lagen zeigt Text-Abb. 8a.

Beim Bau der Probebuhnen war auch der über Hochwasser liegende Teil des Buhnenkörpers bis über Strandhöhe geführt. Es zeigte sich jedoch, daß hierdurch die Ablagerung des Flugsandes auf dem Hochwasserstrande ungünstig beeinflußt wurde, da die einzelnen Erhöhungen der Buhnenwurzeln den Flugsand festhielten und die erwünschte Gleichmäßigkeit in der Gestaltung des Sturmstrandes beeinträchtigten. Eine sandsammelnde Wirkung der Buhnen bei Wellenschlag ist aber in diesem Teile des Strandes ausgeschlossen, weil bei Wasserständen, die den Sturmstrand überspülen, der Brandungsschlag so heftig ist, daß von einer Sandablagerung keine Rede sein kann. Es wurde deshalb, um die Buhnenwurzeln fest zu machen, der über Hochwasser liegende Teil der Packwerkstrecken tief in den Strand eingebettet und zwar so tief, daß der Buschkörper nie austrocknen kann, um ihn so zugleich vor zu rascher Verrottung zu bewahren. Ein in den trockenen Sand gelegter Buschkörper würde naturgemäß nach wenigen Jahren so viel an Festigkeit verloren haben, daß er nicht imstande wäre, bei sehr starken Strandverflachungen die Buhnen vor dem Hinterspülen zu schützen.

Für die Senkstückstrecken hat sich die beim Bau der Probebuhnen angewandte Bauweise durchaus bewährt. Ein Querschnitt der Senkstücke ist in Text-Abb. 8c u. d dargestellt. Es wurde anfangs befürchtet, daß die bei Ausführungen in Senkstückbau sonst verwandten Belastungssteine von geringerem Gewichte dem hier meistens herrschenden kräftigen Brandungsschlage nicht standhalten und fortgeschleudert werden würden. Es wurde deshalb versuchsweise ein Belastungsmaterial verwandt, das größtenteils aus Steinen mit einem Mindestgewicht von 50 kg bestand. Während der Ausführung der ersten Versuchsbuhne zeigte sich jedoch schon, daß auch die kleineren Steine bei starkem Wellenschlage in ihrer Lage unverändert blieben. Bei der Fortsetzung der Bauten wurde deshalb dasselbe Steinmaterial verwendet, wie es sich bei den Korrektionsbauten in der Unter- und Außenweser bewährt hatte. Die Steine werden in ihrer Lagerung noch dadurch gehalten, daß der in der Umgebung Helgolands herrschende üppige Tang- und Algenwuchs die Steine sehr bald mit einer schützenden Pflanzenschicht überzieht, die die Steine untereinander verbindet und den Anprall der Wellen mildert. Es

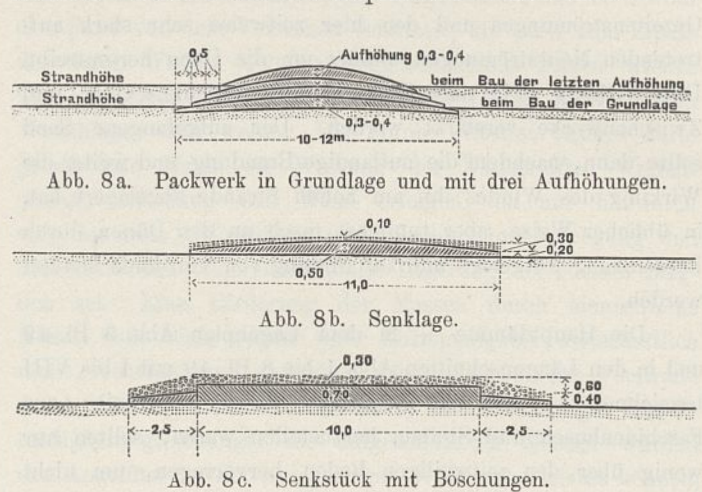


Abb. 8a. Packwerk in Grundlage und mit drei Aufhöhungen.

Abb. 8b. Senklage.

Abb. 8c. Senkstück mit Böschungen.

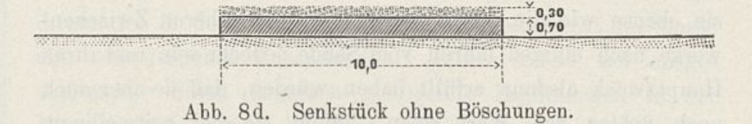


Abb. 8d. Senkstück ohne Böschungen.

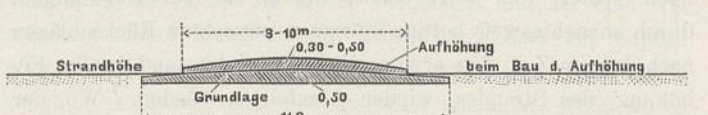


Abb. 8e. Senklage mit Aufhöhung in Packwerk.

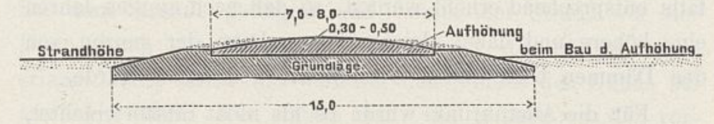


Abb. 8f. Senkstück mit Böschungen mit Aufhöhung in Packwerk.

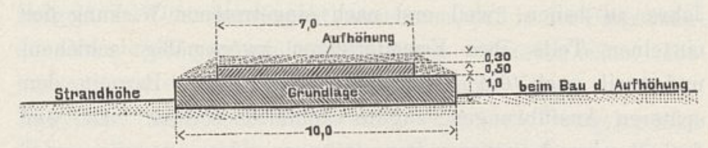


Abb. 8g. Senkstück ohne Böschungen mit Aufhöhung in Senkstückbau.

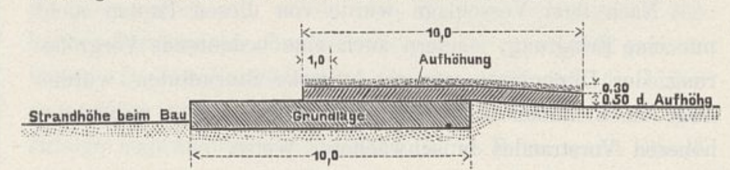


Abb. 8h. Senkstück ohne Böschungen mit Aufhöhung in Senkstückbau (halb überdeckend).

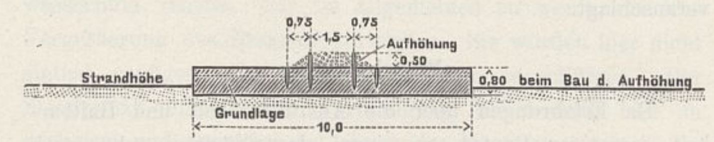


Abb. 8i. Senkstück ohne Böschungen mit Aufhöhung in Steinpackung zwischen Pfahlreihen.

kommen hierbei für die flacheren Stellen die kleinen und zarten Tange: *Enteromorpha linza* und *E. compressa, Porphyra laciniata, Ploccamium coccinium, Ceramium rubrum* (Horntang) und *Plumaria elegans* (Federtang) in Betracht, während die größeren hier vorkommenden Tangarten: *Laminaria digitata* (Fingertang), *L. saccharina* (Zuckertang) und *L. hyperborea*

(Ledertang), *Fucus serratus* (Sägetang), *F. vesiculosus* (Blasentang), *Desmarestia aculeata* (Stacheltang) und *Chorda filum* (Meersaite) nur in der Zone unter Niedrigwasser gedeihen. Da die größeren Tangarten dem Wellenangriff eine große Fläche darbieten, so fürchtete man anfangs, daß sie die kleineren Steine, die sie mit ihren wurzelartigen Haftorganen umklammern, bei starkem Wellenschlage fortreißen könnten. Diese Befürchtung hat sich als unbegründet erwiesen. Ferner tragen die festsitzenden koloniebildenden Tiere, die in weicheren oder härteren Decken und Rinden oder als moosige und buschige Rasen die Steine überziehen, zu ihrer festeren Lagerung bei. Dies sind die Hydroidpolypen *(Hydrozoa)*, die Bryozoen, einige Schwämme *(Halichondria, Suberites)*, Kalkröhrenwürmer *(Sergeln)* und die Seepocken oder Balanen *(Balanus balanoides* und *crenatus)*. Eine Zerstörung der Belastungssteine durch die hier zahlreich vorkommenden Bohrmuscheln oder Seedatteln *(Pholas dactylus* und *Ph. crispata)*, Höhlenmuscheln *(Saxicava rugosa)*, Venusbohrmuscheln *(Tapes pallustra)* und den Bohrschwamm *(Vica)*, der den Kalkstein der Klippen zerstört, ist nicht beobachtet worden. Schädigungen der Steindecke durch Eisbildung sind nicht zu befürchten, da bei einem niedrigsten Monatsmittel der Luftwärme von + 1,5 ° C. (Februar) und einem niedrigsten Monatsmittel der Temperatur des Oberflächenwassers von + 2,7 ° C. (Februar) eine Eisbildung sehr selten ist und ebenso das aus der Elbe, Eider und den Watten abgehende Treibeis nur ganz ausnahmsweise bis Helgoland treibt.

Bei der Ausführung der Senkstückstrecke der ersten Probebuhne (IV) wurden in Abständen von 90 m Senkstücke von 20 m Länge senkrecht zur Buhnenachse gelegt, um durch Bildung einzelner fester Punkte in der Buhnenlinie das rasche Fortschreiten einer etwaigen Zerstörung aufzuhalten. Die im Winter 1896/1897 gemachten Erfahrungen zeigten, daß diese Querstücke in so großer Anzahl entbehrlich waren. Deshalb wurde beim Bau der beiden 1897 ausgeführten Probebuhnen (II u. VIII) nur je ein Querstück in etwa 40 m Entfernung von der Niedrigwasserlinie gelegt. Die Tiefe unter Niedrigwasser betrug dort etwa 1 m. Weitere Querstücke waren bei diesen beiden Buhnen um so weniger nötig, als ihre Senkstückstrecken größtenteils in tieferem Wasser liegen, wo der Wellenschlag weniger zerstörend wirkt.

Die im flachen Wasser liegenden Teile der Senkstückstrecken, die von der Brandung am heftigsten getroffen werden, wurden an ihren Langseiten noch durch böschungsartige Schutzränder gedeckt (siehe Querschnitt Text-Abb. 8c). Diese Maßregel erwies sich als sehr zweckmäßig und wurde für den Bau sämtlicher Schutzwerke beibehalten.

Die Haltbarkeit der Senkstückkörper, die noch dadurch erhöht wurde, daß die Buschkörper sehr bald von Sand und Geröll stark durchsetzt wurden, schien somit gewährleistet. Eine deutlich sichtbare Wirkung der Buhnen trat nur an der Südwestseite im Gebiet der Probebuhnen II u. VIII ein, die unter gleichen Strömungs- und Brandungsverhältnissen sich gegenseitig unterstützen konnten. Die Niedrigwasserlinie wurde in der Umgebung dieser Buhnen um 30 m seewärts geschoben, während bisher der SW.-Strand im Abbruch gewesen war. Von einer Wirkung der Probebuhne IV konnte dagegen um so weniger die Rede sein, als diese Buhne in der Richtung der stärksten Sturmangriffe gelegt ist und mehr die Aufgabe eines Schutzwerks für die im Abbruch liegende Nordwestspitze der Düne hat. Eine sandsammelnde Wirkung konnte hier erst erwartet werden, nachdem der Gürtel der Hauptbuhnen mit den Zwischenwerken geschlossen war.

Die Ausführung der Probebuhnen war den Unternehmern A. u. J. Hanken in Ohmstede und Oldenburg, die sich bei den Korrektionsarbeiten in der Unter- und Außenweser bewährt hatten, übertragen worden. Da für die Kosten derartiger Bauten keinerlei Unterlagen vorhanden waren, auch die zweckmäßigste Art der Ausführung sich erst während der Bauausführung herausstellen mußte, so konnte ein Vertrag unter Zugrundelegung von Einheitspreisen nicht abgeschlossen werden. Vielmehr wurde mit den Unternehmern eine Vereinbarung getroffen, daß sie sich mit ihrer Sachkenntnis, mit ihrem Arbeitsgerät und mit ihren geschulten Mannschaften dem Staate zur Verfügung stellen sollten. Die ihnen erwachsenen Auslagen für Schiffsmiete, Tagelöhne, Baustoffe usw. wurde

Es wurden ausgeführt:

Bezeichnung der Buhnen	im Jahre 1896									im Jahre 1897								
	Packwerk			Senkstück			Böschungen an den Senkstücken			Packwerk			Senkstück			Böschungen an den Senkstücken		
	Länge m	Durchschnittl. Querschnitt qm	Gesamtinhalt cbm	Länge m	Durchschnittl. Querschnitt qm	Gesamtinhalt cbm	Länge m	Durchschnittl. Querschnitt qm	Gesamtinhalt cbm	Länge m	Durchschnittl. Querschnitt qm	Gesamtinhalt cbm	Länge m	Durchschnittl. Querschnitt qm	Gesamtinhalt cbm	Länge m	Durchschnittl. Querschnitt qm	Gesamtinhalt cbm
II.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	262	7,70	2020	169	10,50	1780	100	1,50	150
IV.	114	7,30	833	241	11,20	2710	542	1,50	813	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	127	7,70	980	187	10,50	1970	100	1,50	150
zusammen	114	7,30	833	241	11,20	2710	542	1,50	813	389	7,70	3000	365	10,50	3750	200	1,50	300

Die Kosten betrugen:

	1896 Packwerk	1896 Senkstück	1896 Böschungen	1897 Packwerk	1897 Senkstück	1897 Böschungen
Im ganzen . .	12 495,00 ℳ	69 647,00 ℳ	11 924,00 ℳ	33 000 00 ℳ	56 250,00 ℳ	3 800,00 ℳ
Für 1 m Länge	109,50 „	289,00 „	22,00 „	85,00 „	157,50 „	19,00 „
Für 1 cbm . .	15,00 „	25,70 „	14.70 „	11,00 „	15,00 „	12,70 „

	1896	1897
Kosten der eigentlichen Bauanlagen	94 066,00 ℳ	93 050,00 ℳ
Nebenkosten	5 712,00 „	4 144,00 „
Gesamtkosten	99 778,00 ℳ	97 194,00 ℳ

ihnen ersetzt, und für ihre persönlichen Bemühungen erhielten sie einen Prozentsatz der Gesamtkosten. Für die beiden Jahre 1896 und 1897 waren je 100000 ℳ bewilligt. Eine Zusammenstellung der in den Jahren 1896 und 1897 ausgeführten Bauten mit den Kosten hierfür ist in der vorstehenden Tabelle gegeben.

Aus derselben geht hervor, daß die Einheitspreise für 1 cbm des fertigen Buhnenkörpers, besonders der Senkstückstrecken sehr verschieden sind. Verursacht wurde dieser Unterschied durch die sehr verschiedenen Verhältnisse, unter denen die Probebuhnen ausgeführt wurden. Im Jahre 1896 war die eigentliche Bauzeit für Senkstückarbeiten bereits vorüber, als mit dem Bau der Probebuhne IV begonnen wurde. Hierzu kam noch, daß die Monate August und September 1896 sehr reich an steifen nördlichen Winden waren, die das Wasser an der Nordseite der Düne stark beunruhigten und den Verkehr der Dampfer und Steinschiffe auf der rings von Klippen umschlossenen Baustelle sehr erschwerten. Außerdem war der Transport der Baustoffe, die fast ausschließlich am Südweststrande gelöscht werden mußten, sehr umständlich und teuer. Dagegen war der 1897 ausgeführte Bau der Buhnen II und VIII, der bereits im Juli begonnen werden konnte, vom Wetter begünstigt. Die Lage der Buhnen im tiefen Wasser war für die Versenkarbeit vorteilhafter, und die Erfahrungen des Vorjahres kamen diesem Bau zugute.

(Schluß folgt.)

Die neue Stadtbahn in Neuyork.

Von den Regierungs-Baumeistern Dr. Ing. Blum und E. Giese.

(Mit Abbildungen auf Blatt 50 bis 52 im Atlas.)

I. Einleitung.

A. Die Verkehrsverhältnisse von Neuyork.

In diesem Sommer wird nach vierjähriger Bau- und nahezu dreizehnjähriger Vorbereitungszeit in Neuyork die neue Stadtbahn eröffnet, die berufen sein soll, dem Verkehr der Riesenstadt neue Bahnen zu weisen. Um die Bedeutung und die Aufgaben der neuen Bahn richtig zu würdigen, ist es nötig, zunächst auf die Anlage der Stadt, ihre Verkehrsmittel und deren Mängel einzugehen.

Das Gebiet von Groß-Neuyork umfaßt, wie Abb. 9 Bl. 50 zeigt, die drei Städte Neuyork, Brooklyn und Jersey-City, zu denen sich noch das südlich gelegene Staten-Island und die in raschem Aufblühen begriffenen Vororte Bronx und Queens-Borough gesellen. Wenn die Städte auch durch breite Meeresarme voneinander getrennt sind, so bilden sie doch für das wirtschaftliche und geschäftliche Leben und damit für den Stadtverkehr ein einheitliches Ganzes und bilden jetzt auch eine politische Gemeinde mit Ausnahme von Jersey-City, das in einem anderen Staat liegt.

Das eigentliche Neuyork liegt auf der zwischen Hudson und East-River lang hingestreckten Manhattan-Insel. Der südlichste Teil dieser Insel ist der wichtigste Stadtteil, das Geschäftsviertel, in dem der gesamte geschäftliche Verkehr nicht nur der Stadt, sondern der ganzen Vereinigten Staaten zusammenläuft. In diesem Reiche der Himmelskratzer sind die obersten Verwaltungsstellen der großen Banken, Aktiengesellschaften, Eisenbahnen usw., hier ist das „finanzielle Nervenzentrum" des ganzen Landes. An die etwa bis zur 14. Straße (vgl. Abb. 2 Bl. 50) reichende Geschäftsstadt schließt sich ein Viertel mit großen Kaufläden, Gasthöfen und Vergnügungsstätten; je weiter nach Norden zu, desto mehr nehmen die Wohnungen überhand, doch herrscht hier trotz der hohen Bodenpreise die Mietkaserne weniger als in unsern Großstädten, es gibt vielmehr sehr viele Einfamilienhäuser.

Brooklyn ist hauptsächlich Wohnungsgegend von Leuten, die in Neuyork beschäftigt sind, hat aber auch selbst einen sehr bedeutenden Handel und eine hochentwickelte Industrie, und es greift jetzt auch schon das Geschäftsviertel von Neuyork nach Brooklyn über, was in dem Bau von Wolkenkratzern zum Ausdruck kommt.

In Jersey-City und dem angrenzenden Hoboken strömt der Fernverkehr zusammen, hier beginnen die großen Eisenbahnen nach dem Westen, hier liegen die großen Personenbahnhöfe und die ausgedehnten Güterstationen mit gewaltigen Anlagen für den Umschlagverkehr zwischen Schiff und Bahn; hier sind auch die Anlegeplätze vieler überseeischer Dampferlinien. Die westlichen Teile von Jersey-City entwickeln sich jetzt rasch zu Wohnungsgegenden.

Die Stärke und Zunahme der Bevölkerung ist aus der Zusammenstellung I zu ersehen:

Zusammenstellung I.

Einwohner von Groß-Neuyork in Tausenden

Jahr:	1860	1870	1880	1890	1900
Neuyork mit Bronx	836	979	1226	1530	2050
Brooklyn mit Queens . . .	337	498	685	977	1386
Stadtteile westlich des Hudson	—	—	—	579	824

Die Zunahme der Einwohner betrug im verflossenen Jahrhundert 3,9 vH. jährlich, sie ist größer als die irgend einer europäischer Großstadt[1]) und wird nur von der einiger amerikanischer Städte übertroffen. Die Gesamtzahl der Einwohner von Groß-Neuyork hat jetzt die Ziffer von 4,5 Millionen überschritten.

Eine so große Bevölkerung muß naturgemäß einen ungeheuren Stadtverkehr erzeugen, der aus mehreren Gründen bei amerikanischen Städten vergleichsweise noch größer ist als bei europäischen: Die Trennung von Arbeits- und Wohnstätte und von Geschäfts- und Wohnungsviertel ist in Amerika viel schärfer durchgeführt als bei uns. Der scharf ausgeprägte Grundsatz „Zeit ist Geld" veranlaßt die Leute selbst auf kurze Strecken zu fahren. Die Wohnungsgegenden sind wegen der niedrigeren Wohngebäude viel ausgedehnter

1) Der jährliche Bevölkerungszuwachs von Berlin, das das stärkste Wachstum von allen Großstädten Europas zeigt, ist durchschnittlich 3,2 vH., von London und Paris etwa 1,7 vH.

als in Städten, in denen die Mietkaserne herrscht. Die Dienst- und Geschäftszeit dauert ganz allgemein von 9 bis 5 Uhr in den Bureaus, von 9 bis 6 Uhr in den Ladengeschäften; dadurch wird der Verkehr auf wenige Stunden zusammengedrängt und in den beiden Hochflutwellen des Berufsverkehrs (morgens bis 9 Uhr in die Geschäftsstadt, abends nach 5 Uhr in die Wohngegenden) müssen 25 vH. des Gesamttagesverkehrs in zwei Stunden bewältigt werden, und dabei fällt außerdem noch in diesen verkehrreichsten Stunden der größte Andrang in der einen Richtung mit dem geringsten in der anderen zusammen.

Aus der Einteilung der Stadt folgt, daß die Verkehrsbeziehungen zum südlichen Teil der Manhattan-Insel zusammenlaufen, und durch die Gestaltung der einzelnen Stadtteile ergeben sich hierbei ganz bestimmte Verkehrsrichtungen: In Neuyork flutet der Verkehr, der 61,5 vH. des Gesamtverkehrs beträgt, in der Richtung Nord-Süd, in Brooklyn — 25,5 vH. — strömt der ganze Verkehr zu den Brücken und Fähren, der Verkehr von Jersey City — 13 vH. — ergießt sich in Richtung West-Ost über die Fähren nach Neuyork. In die Bewältigung des Verkehrs der Riesenstadt mit über einer Milliarde Reisenden im Jahr teilen sich neben den zahlreichen den Hudson und East-River durchquerenden Fähren folgende Verkehrsmittel:

Die Eisenbahnen[2]) spielen infolge der eigentümlichen Gestaltung der Stadt eine viel geringere Rolle als in anderen Großstädten: Die von Osten und Westen kommenden Linien sind bisher noch nicht in das Geschäftsviertel eingedrungen, sondern machen weit vor seinen Toren am jenseitigen Ufer der beiden Meeresarme halt, und bei dieser ungünstigen Lage der Endstationen kann sich ein lebhafter Vorortverkehr nicht entwickeln, da der Reisende außer der Eisenbahn mindestens noch ein Verkehrsmittel — die Fähre — benutzen muß. In das eigentliche Neuyork mündet nur eine Linie,[3]) die in dem aus Abb. 2 Bl. 50 zu ersehenden Grand Central Depot endigt, von zwei Eisenbahngesellschaften benutzt wird und den gewaltigen Fernverkehr nach Boston, Kanada, Chicago usw. und einen Teil des Vorortverkehrs nach dem Norden vermittelt, aber auch hier liegt der Endbahnhof 2,5 km vom Geschäftsviertel entfernt.

Bei weitem die größte Bedeutung für den Stadtverkehr haben die Straßen- und Hochbahnen. In Neuyork liegen die Hochbahnen und die wichtigeren Straßenbahnlinien in den langgestreckten von Nord nach Süd schnurgerade verlaufenden „Avenuen“, der elektrische Betrieb ist auf den Hochbahnen vollständig, auf den Straßenbahnen auf allen langen Linien eingeführt. In Brooklyn enden die teilweise noch mit Dampf betriebenen Hochbahnen mit einer Ausnahme an der alten Brooklyner Brücke, über die selbst eine Straßen- und Hochbahn führt, die Straßenbahnen endigen ebenfalls hier oder an den Fährenstationen. Die Reisegeschwindigkeit der Hochbahnen beträgt fahrplanmäßig 17,7 bis 21,3 km in der Stunde bei einer mittleren Stationsentfernung von 550 bis 600 m, die „Schnellzüge“, die in den verkehrsreichsten Stunden auf einem besonderen dritten Gleis in einer Richtung verkehren, erreichen Reisegeschwindigkeiten von 22,7 bis 33,5 km in der Stunde. Die Geschwindigkeit der Straßenbahnen beträgt 11 bis 14 km, sinkt aber im Geschäftsviertel auf die eines Fußgängers herab. Über die Größe des Verkehrs auf den Straßen- und Hochbahnen gibt Zusammenstellung II einige Zahlen:

Zusammenstellung II.

Jahr	Zahl der Reisenden in Tausenden					Zahl der Reisen im Jahr für den Kopf der Bevölkerung
	Straßenbahnen		Hochbahnen		zusammen	
	Neuyork	Brooklyn	Neuyork	Brooklyn		
1860	38	12	—	—	50	45
1870	112	37	—	—	149	104
1880	151	76	61	—	288	155
1890	221	110	190	82	603	246
1891	230	118	201	90	639	—
1893	240	142	221	100	703	—
1895	295	158	188[5])	97	738	—
1897	397	208	183	90	878	—
1899	526	228	174	58	986	317
1901	588	284	190	63	1125	(i. J. 1900)
1902	578[4])	288	215	69	1115	—

B. Die Entwicklungsgeschichte der neuen Stadtbahn.

Trotz der großen Ausdehnung des Straßen- und Hochbahnnetzes leidet der Stadtverkehr an erheblichen Mängeln. Nach Norden zu sind der Verkehrsverhältnisse zu wenige, und ihre Geschwindigkeit ist zu gering, nach Brooklyn gab es bis vor kurzem nur eine Brücke,[6]) nach Jersey-City fehlt eine Landverbindung vollständig.[7]) Den beiden zuerst genannten Mängeln abzuhelfen ist die wichtige Aufgabe der neuen Bahn, die außerdem berufen ist, neue Wohngegenden im Norden des Harlem zu erschließen.

Die Vorgeschichte des Unternehmens reicht bis zum Jahre 1891 zurück. Schon vorher hatten allerdings verschiedene Seiten den Bau neuer Stadtbahnen angeregt, aber es wollten sich keine Gesellschaften für die Bauausführung und die Betriebübernahme finden, da die Verzinsung voraussichtlich nicht so hoch war wie bei anderen großen Unternehmungen in Amerika. Die Hoch- und Straßenbahnen zögerten auch mit der Schaffung neuer Schnellverkehrsmittel, vielleicht weil die bevorstehende Einführung des elektrischen Betriebes ihre Geldkräfte voll in Anspruch nahm. So sah sich schließlich die Stadtgemeinde gezwungen, die Sache in die Hand zu nehmen, aber bei den scharfen politischen Gegensätzen und dem nach jeder Wahl alle zwei bis vier Jahre stattfindendem Wechsel in der Besetzung aller höheren

2) In dem Lageplan Abb. 9 Bl. 50 sind nur die wichtigsten Linien mit ihren Endstationen eingetragen.

3) Eine am Hudson entlang führende Linie hat für den Vorortverkehr keine Bedeutung.

4) Der Rückgang ist nur ein scheinbarer (Einführung von Umsteigefahrkarten).

5) Rückgang auf den Hochbahnen ist auf verschärften Wettbewerb der Straßenbahnen nach Einführung des elektrischen Betriebes zurückzuführen.

6) Die neue Williamsburger Brücke (vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1904 S. 141), die bei weitem nicht so gefällig aussieht wie die alte, ist jetzt fertiggestellt; ihre Fahrbahn wird zwei Straßen für Fuhrwerk, zwei Hochbahn- und vier Straßenbahngleise, zwei Fußgängerwege und zwei Radfahrbahnen enthalten. Weitere Brücken sind im Bau. (Vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1904 S. 117, 136 und 141.)

7) Die Pennsylvaniabahn erbaut eine für Fern- und Vorortverkehr bestimmte Linie, die von Jersey-City unter dem Hudson hindurchführt, dann Neuyork unter der 39. Straße unterführt, hier einen gewaltigen Bahnhof erhält und nach Untertunnelung des East-River in Brooklyn Anschluß an die Long-Island-Eisenbahn erhält.

städtischen Beamtenstellen kam man nicht vorwärts. Endlich bemächtigte sich der Staat Neuyork der Sache und setzte für die Stadt einen Schnellverkehr-Ausschuß ein: The Board of Rapid Transit Railroad Commissioners of the City of New York. Diesem wurden sehr weitgehende Befugnisse erteilt, von denen die wichtigsten folgende sind:

1. er sollte die Linienführung und die Grundgedanken für die bauliche Anlage und die Betriebführung festsetzen,
2. er sollte die Anlage von Stadtbahnen den Ortsbehörden und Anliegern gegenüber vertreten und die Enteignung im Einvernehmen mit den staatlichen Behörden vornehmen,
3. er sollte weiterhin die genauen Pläne für die Bauausführung aufstellen,
4. er sollte die Überlassung von Bau und Betrieb an Unternehmergesellschaften regeln.

Seele des ganzen Ausschusses war und ist sein Erster Ingenieur William Barclay Parsons, der von Anfang an für den Bau einer Tiefbahn eintrat, um eine Belastung der Straßen vollständig zu vermeiden; nur die Außenstrecken in dem wenig belebten Norden sollten als Hochbahnen ausgeführt werden. Nach Aufstellung der Entwürfe für eine Bahn, die im wesentlichen mit der jetzt ausgeführten mit Ausnahme der Seitenlinie nach Brooklyn übereinstimmt, wurden im Jahre 1892 Angebote eingefordert, aber die Ausschreibung verlief ergebnislos. Nachdem sich weitere Verhandlungen mit der Straßenbahngesellschaft zerschlagen hatten, wurden 1894 durch Staatsgesetz die Befugnisse des Ausschusses dahin erweitert, daß er auch über Neuanlagen bestehender Bahnen zu entscheiden habe, soweit der städtische Verkehr in Frage kam, und daß er einen Weg finden solle, um die Bahn aus Mitteln der Stadt zu erbauen. Die folgenden Jahre gingen mit Verhandlungen über die Linienführung und den Entwurfbearbeitungen hin, und Anfang 1900 wurden Angebote eingefordert von Unternehmern, die gegen eine feste von der Stadt zu zahlende Summe den Bau ausführen und später Betrieb und Unterhaltung übernehmen wollten. Von den zwei Angeboten verlangte das angenommene für den Bau der freien Strecke außer der Linie nach Brooklyn und die betriebsfähige Ausrüstung der Bahn rd. 150 Millionen Mark, für die Stationen die tatsächlichen Ausgaben + 10 vH., höchstens aber zusammen 7,4 Millionen Mark und eine Bauzeit von 4½ Jahren. Der Unternehmer übernimmt den Betrieb und die Unterhaltung auf 50 Jahre, verzinst während dieser Zeit die Bausumme und zahlt außerdem 1 vH. zur Tilgung. — Nach der Eingemeindung von Brooklyn in Groß-Neuyork wurde durch einen Nachtragvertrag der Bau der Seitenlinie nach Brooklyn geregelt. Sofort nach Erteilung des Zuschlags wurde mit dem Bau begonnen, der nun während 4½ Jahren so manche Straße Neuyorks in ein Trümmerfeld verwandelt, aber schließlich doch alles zum guten Ende geführt hat. Die sämtlichen Einzelentwürfe waren nach dem Vertrage von dem Unternehmer aufzustellen und vom Schnellverkehrsausschuß gutzuheißen. In Wirklichkeit sind sie alle von diesem, d. h. von Parsons, ausgearbeitet worden, der auch die gesamte Bauausführung überwacht, die Abnahme der Baustoffe bewirkt und alle Verhandlungen mit Behörden, andern Gesellschaften und Anliegern führt.

II. Linienführung.

A. Grundlagen der Linienführung.

Die Spurweite der Bahn ist die Regelspur von 1,435 m, mit der auch die Hochbahnen Neuyorks und Brooklyns ausgerüstet sind. Man hat sich damit die Möglichkeit eines Anschlusses an diese Bahnen und außerdem an die Neuyork-Zentraleisenbahn beim Grand Central-Depot in der 42. Straße und an die Long-Island-Eisenbahn in Brooklyn offengehalten. Die Regelspur ist ja auch bei fast allen Stadtbahnen der Welt angewendet, weil sie im Vergleich zu einer schmalen Spurweite kaum Mehrkosten verursacht, dagegen eine günstigere Durchbildung der Betriebsmittel, höhere Fahrgeschwindigkeit und ruhigeres Fahren gewährleistet.

Die Krümmungen, die infolge der Anlage der Stadt mit langen schnurgeraden Straßen viel seltener sind als bei anderen Stadtbahnen, haben einen kleinsten Halbmesser von 46 m, doch kommt dieses nur vereinzelt vor, und im übrigen sind die Halbmesser mindestens 60 m groß, immerhin noch recht scharf nach deutschen Begriffen, ist doch der kleinste Halbmesser der elektrischen Stadtbahn in Berlin 80 m; in Amerika sind jedoch für Stadtbahnen viel kleinere Halbmesser sehr häufig angewendet, so z. B. auf den Hochbahnen von Neuyork solche von nur 27,4 m.

Die Steigungen gehen in der Regel nicht über 15 vT. = 1 : 67 hinaus, doch kommen stärkere an den Übergängen zwischen Hoch- und Tiefbahn und bei stark welliger Bodengestaltung vor. Die Rampen an den Unterfahrungen des Harlem und des East-River zeigen Steigungen von 30 und 31 vT., also von ungefähr derselben Stärke wie bei der Hochbahn in Berlin (31,25 vT.). Die Verbindung mit einem Betriebsbahnhof liegt in einer Steigung von 40 vT. = 1:25.

Der lichte Raum für ein Gleis ist 3,65 m breit und 3,90 m hoch. Die entsprechenden Maße sind bei der elektrischen Stadtbahn in Berlin 3,00 und 3,30 m, bei dem Entwurf einer Stadtbahn für Hamburg 3,30 und 3,50 m.

B. Verlauf der Linie.

Die ganze Bahn besteht aus einer Stamm- und drei Seitenlinien (vgl. Abb. 2 und 9 Bl. 50). Die viergleisige, ganz als Tiefbahn ausgeführte Stammlinie beginnt im Süden von Neuyork aus der City Hall (Rathaus), einem der Hauptverkehrspunkte der Geschäftstadt, an dem die alte Brooklyner Brücke auf die wichtigste Verkehrsader der Stadt, den Broadway, mündet. Die Bahn folgt aber nicht diesem, sondern einer benachbarten Parallelstraße (Elmstreet und 4. Avenue) weil die Bauausführung in dem belebten Broadway zu schwierig schien[8]) und weil man ihn für eine andere später anzulegende Tiefbahn freihalten wollte, indem man hoffte, daß man bei dem jetzigen Bau genug lernen werde, um eine Bahn auch in der allerverkehrsreichsten Straße ausführen zu können.

Die Bahn geht in ziemlich gerader Richtung auf das Grand Central-Depot los, wendet sich an diesem nach Westen, um unter der 42. Straße den hier schon mehr in Wohnungsgegend liegenden und daher nicht mehr so stark belasteten

8) Es zeigt sich hier dieselbe Erscheinung wie in Berlin, wo die Fortsetzung der elektrischen Stadtbahn nicht durch die stark belebte Leipziger Straße, sondern durch eine Parallelstraße geführt werden soll.

Broadway wieder zu erreichen, unter dem sie bis zur 96. Straße hinführt. Hier gabelt sich die Stammlinie mit schienenfreien Kreuzungen in die zwei nördlichen Seitenlinien, von denen die westliche in ziemlich gerader Richtung nach den im Norden am Hudson gelegenen Vororten führt, während der östliche Zweig sich in einem Bogen nach dem neu zu erschließenden Stadtteil Bronx mit seinen großen Parkanlagen hinzieht. Der Westzweig ist, wie der in Abb. 1 Bl. 50 dargestellte Längenschnitt zeigt, dem wechselnden Gelände entsprechend teils als Hoch-, teils als Tiefbahn ausgeführt. Der Ostzweig ist im südlichen Teil noch Tiefbahn, unterfährt als solche den Harlem, um als Hochbahn zu enden.

Die erst nach der Eingemeindung von Brooklyn beschlossene, ganz als Tiefbahn ausgeführte südliche Seitenlinie bildet die unmittelbare Fortsetzung der Stammlinie von der City-Hall nach Süden zur Battery, hier wendet sie sich nach Osten, führt unter dem East-River hindurch nach Brooklyn, wo sie an dem Bahnhof Flatbush Avenue der Long-Island-Eisenbahn endet, um vielleicht eine unmittelbare Verbindung mit Zugübergang zu erhalten.

Der Betrieb ist in folgender Weise geregelt (vgl. dazu Abb. 17 Bl. 50). Auf der viergleisigen Stammbahn verkehren Lokalzüge und Stadt-Schnellzüge; diese benutzen die inneren, jene die äußeren Gleise, die nach Richtungen betrieben werden, so daß der Übergang vom Lokal- zum Schnellzuggleis bequem und ohne Kreuzung von anderen Gleisen ausführbar ist. Die Schnellzüge halten nur an wenigen Stationen, die zum bequemen Übergang von Reisenden zwischen beiden Zugarten mit zwei Inselsteigen ausgerüstet sind, während die übrigen Haltestellen Außensteige erhalten haben. An der City-Hall, an der der größte Teil des von Norden kommenden Verkehrs endigt, sind die beiden äußeren Gleise durch eine Schleife verbunden, die unter den nach der Battery führenden Gleisen hindurchgeht; das Wenden der Züge ist also ohne „Kopfmachen“ und ohne große Verschiebebewegungen möglich; eine ähnliche Anlage findet sich an der Battery. Die Seitenlinien sind an den Verbindungspunkten mit der Stammlinie, an der City-Hall und an der 96. Straße, so angeschlossen, daß ihre Züge auf das Schnell- und Lokalzuggleis übergehen können.

Die Seitenlinien sind teils zwei-, teils dreigleisig. Das dritte — innere — Gleis wird nach dem Vorbild der Hochbahnen Neuyorks so benutzt, daß auf ihm in den Morgenstunden Schnellzüge nach der Geschäftsstadt, in den Abendstunden aus der Geschäftsstadt, also in derselben Zeit immer nur nach einer Richtung, verkehren. Durch reichliche Weichenverbindungen ist dafür gesorgt, daß diese Schnellzüge an beliebigen Stellen auf die äußeren Gleise übergehen können. Während der verkehrschwachen Stunden wird das innere Gleis zum Aufstellen von Wagen benutzt.

Unmittelbare Anschlüsse an bestehende Eisenbahnen mit Zugübergang hat die neue Bahn bisher nicht gefunden, doch sind außer den erwähnten eine Reihe von Verbindungen mit Eisen- und Hochbahnen geplant, die aber noch nicht feststehen.

III. Bau und Bauausführung der Bahn.

Die Bahn zeigt alle Formen, die bei städtischen Bahnen angewendet werden: unmittelbar unter der Straße liegende Unterpflasterbahnstrecken mit wagerechter Decke, tiefliegende gewölbte Untergrundbahnen, Untergrund-Röhrenbahnen mit eisernem Mantel, Einschnitts- und Auftragrampen und Hochbahnstrecken.

A. Die tiefliegenden Strecken.

Bei der gesamten Anlage hat man sich bemüht, die Bahn, wenn irgend angängig, möglichst dicht unter die Straße zu legen, also als Unterpflasterbahn auszuführen. Hiervon mußte man an den Stellen abweichen und eine tiefere Lage der Bahn wählen, wo Bodenerhebungen einen für den Betrieb ungünstigen Längenschnitt ergeben hätten, und bei den Unterfahrungen des Harlem und des East-River. Der Untergrund von Neuyork besteht aus teils festem, teils brüchigem Felsen und aus festgelagertem tragfähigen Sand; nur an wenigen Stellen erschwerte unzuverlässiger Baugrund die Ausführung. Das Grundwasser machte nur wenig Schwierigkeiten, da die Bahn fast überall hochwasserfrei liegt.

1. Die Unterpflasterbahn.

a) Bauart.

Die Unterpflasterbahn umfaßt nahezu die ganze Stammbahn, Teile der nördlichen Seitenlinien und die Bahn in Brooklyn. Diese Strecken sind zwei-, drei- und viergleisig, und an den Haltestellen umschließt die Bahn oft noch mehr Gleise, doch ist die gesamte Bauart für beliebige Gleiszahl stets die gleiche. Der Zwischenraum zwischen Straße und Tunneldecke beträgt 78 cm, entsprechend der Bauhöhe des Schlitzkanals für die unterirdische Stromzuführung zu den Straßenbahnen. Bei späteren Ausführungen hat man dies Maß auf 1,80 m vergrößert, dadurch werden allerdings die Aushubmassen und der Höhenunterschied zwischen Straße und Bahnsteig größer, aber man gewinnt über der Bahn Raum für die Straßenleitungen.

Der Tunnelquerschnitt ist, wie Abb. 8 Bl. 50 zeigt, rechteckig aus Eisen und Beton gebildet und zeigt eine Säulenreihe zwischen je zwei Gleisen. Die Sohle ist eine durchgehende Betonplatte von mindestens 50 cm Stärke. Die Seitenwände bestehen aus I-Trägern (etwa N. P. 31), die im Abstand von 1,5 m stehen und durch zwischengespannnte senkrechte Betonkappen verbunden sind. Die Decke besteht aus Betonkappen, die auf Querträgern (ungefähr I N. P. 39) aufruhen; diese werden wieder gestützt durch die zwischen je zwei Gleisen stehenden Mittelsäulen. Wand- und Mittelsäulen und Deckenträger sind durch schräge Eckstäbe und durch die Sohle zu einem steifen Rahmen verbunden. Im Lauf der Bauausführung ist man zu der in Abb. 6 und 7 Bl. 50 dargestellten einfacheren Bauweise übergegangen. Bei dieser sind die in jedem Gleiszwischenraum angeordneten Mittelsäulen beibehalten, dagegen sind Wandsäulen und Deckenträger fortgefallen und durch eine Eisenbeton-Bauweise ersetzt worden. An der Unterseite der Decke liegen über die ganze Tunnelbreite in einem Abstand von etwa 21 cm Querstäbe von 30 mm Stärke im Geviert, außerdem kürzere Querstäbe an der Oberseite der Decke über den Mittelsäulen, wo Zugspannungen auftreten. In den Seitenwänden stehen gleichstarke Stäbe, aber in 30 cm Entfernung, die entsprechend der Stellung der Mittelsäulen im Abstand von 1,50 m durch zwei Winkeleisen (etwa 150 · 100 · 11 mm) ersetzt sind und mit diesen durch zwei in der Decke liegende Rundanker ver-

bunden sind, so daß auch hier der feste Rahmen entsteht. (Abb. 6 Bl. 52 gibt ein gutes Bild der gesamten Bauart.) Die Bauweise gewährt neben größerer Billigkeit den Vorteil größerer Einfachheit in der Bauausführung, da die schweren Eisenteile wegfallen und man beim Bau von der Anlieferung des Eisens, die sich ja sehr oft verzögert, unabhängiger wird. Leider war das gesamte Eisen für die Stammlinie schon bestellt, als man auf die einfachere Bauart kam, die sich nach übereinstimmender Angabe aller Ingenieure sehr bewährt und daher außer auf kleineren anderen Strecken für die ganze Seitenlinie nach Brooklyn angewendet wird.

Die Mittelsäulen haben einen aus einer Platte und vier für die Bahn besonders gewalzten Winkeleisen gebildeten Querschnitt, deren Schenkel am Ende einen Wulst haben; hierdurch werden bei gleichen Abmessungen die Trägheitsmomente vergrößert und alle scharfen Ecken vermieden. Die Säulen stehen bei den ersten Ausführungen auf Werksteinen, die in die Betonsohle eingebettet sind, doch kam man hiervon bald ab, hauptsächlich weil sich die Anlieferung der Steine (ebenso wie beim Bau der Sceauxlinie in Paris) oft verzögerte. Man vergrößerte dann die Unterlagplatten und stellte die Säulen auf den Beton, der an diesen Stellen eine bessere Mischung erhielt, unmittelbar auf. Bei der letzten Ausführung gab man den Säulen eine Unterstützung von drei in den Beton eingebetteten I-Trägern. Der Beton besteht meist aus 1 T. Zement, 3 T. Sand und 5 T. Steinschlag, in der Decke und in Verbindung mit Eisen ist das Mischungsverhältnis aber 1 : 2 : 4.

Um das Eindringen von Wasser und eine Durchnässung der Tunnelwände zu vermeiden, ist der ganze Querschnitt wie bei der Tiefbahn in Berlin in eine wasserdichtende Schicht gehüllt. Diese besteht aus vier bis sieben Lagen Pappe, die mit heißem Asphalt aufeinander geklebt wurden. Nach außen wird diese Schicht besonders geschützt und zwar in der Sohle durch eine Betonlage von mindestens 21 cm Stärke, in den Seitenwänden durch eine Mauer aus porösen Steinen, die in der Regel einen halben Stein (etwa 11 cm) stark ist; wo aber unmittelbar neben der Bahn Hohlräume, also z. B. Keller, liegen, ist die Schutzwand einen Stein stark. Mehrfach haben wir beobachtet, daß sie aus Hohlsteinen besteht, die den Zweck haben sollen, das von der Seite kommende Wasser möglichst rasch nach unten abzuführen. An einzelnen Stellen mit sehr geringem Wasserandrang ist die Wasserdichtung in der Sohle durch eine Art Asphaltbeton ersetzt, der durch Verlegen der erhitzten Steine in Asphalt hergestellt wurde. Dieselbe Bauweise ist bei starkem Wasserzufluß zur Verstärkung der obenbeschriebenen angewendet worden. Alle Eisenteile liegen innerhalb der Asphaltschicht, sind von ihr aber durch Beton getrennt, so daß die im Eisen entstehenden Schwingungen sich nicht unmittelbar auf sie übertragen können.

Zur Aufnahme der für den Bahnbetrieb notwendigen elektrischen Leitungen (Kraftzuführung, Fernsprecher, Blocksicherung) sind Terrakotta-Röhren angeordnet, die in der Regel in einer senkrechten Schicht in den Seitenwänden unmittelbar hinter der Wasserdichtung liegen (vgl. Abb. 6 u. 8 Bl. 50 und Abb. 1 Bl. 52). An einzelnen Stellen liegen die Röhren auch in der Sohle, so besonders in den Stationen, in denen sie meist unter den Bahnsteigen durchgeführt sind. Um die Leitungen bequem prüfen und wo erforderlich an die elektrischen Einrichtungen anschließen zu können, sind in Abstand von 120 bis 150 m Nischen angeordnet, von denen alle Kabel zugänglich sind. Durch diese Einrichtung ist der Tunnelquerschnitt von Leitungen mit Ausnahme der dritten Schiene ganz freigeblieben.

Der Oberbau der Unterpflasterbahn sollte zuerst nach Text-Abb. 1 aus Breitfußschienen auf hölzernen Einzelunterstützungen bestehen und gegen Entgleisungen durch ein als Schutzschiene wirkendes [-Eisen gesichert werden. Glücklicherweise kam man von dieser wenig Vertrauen erweckenden Bauart ab und wählte nach dem Gutachten von hervorragenden Eisenbahnern und nach umfangreichen Versuchen mit sechs verschiedenen Arten einen gewöhnlichen Breitfußschienen-Oberbau mit hölzernen Querschwellen. Die Schienen entsprechen mit einem Gewicht von ungefähr 50 kg/m den schwersten auf der Neuyork Zentral-Eisenbahn verwendeten und sind auf 10 m Länge von 18 nicht getränkten kiefernen Schwellen von 14 · 20 cm Stärke und 2,50 m Länge unterstützt; jede vierte Schwelle ist zur Aufnahme der dritten Schiene um 15 cm verlängert. Alle Schwellen haben Unterlagplatten (125 · 180 · 10 mm) mit vier nach unten gerichteten Stachelansätzen, die durch Maschinen in die Schwellen gepreßt werden. Zur Befestigung dienen zwei Nägel mit rundem Kopf. In den Krümmungen hat jede dritte Schwelle an der innern Schiene eine nach innen verlängerte Unterlagplatte, die zur Aufnahme der Streichschiene bestimmt und zur bessern Verbindung mit der Schwelle an der Unterseite mit drei Längsrippen versehen ist.

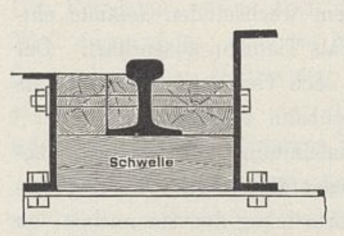


Abb. 1. Vorgeschlagene Oberbauform.

Der Stoß ist schwebend und bei den Gleisen für Lokalzüge durch einfache Winkellaschen mit vier Bolzen gedeckt; dem Wandern soll dadurch entgegengewirkt werden, daß die Schienennägel durch Ausschnitte in die Laschen eingreifen. Die Gleise für Schnellzüge haben, wie Text-Abb. 2 zeigt, eine Stoßbrücke mit einer innern einfachen Winkellasche, nach außen ist der Stoß durch eine [-förmige Eisen- und eine kräftige Holzlasche und außerdem durch den senkrechten Ansatz der Stoßbrücke gesichert; man verspricht sich von diesem Stoß lange Dauer und besonders durch die Wirkung der Holzlasche ruhiges und geräuschloses Fahren. Die Stöße der beiden Schienen eines Gleises sind versetzt, womit man in Amerika auf stark belasteten und gut unterhaltenen Strecken im Gegensatz zu Deutschland gute Erfahrungen gemacht hat.

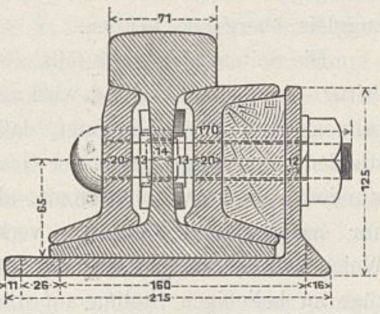


Abb. 2. Stoßanordnung für die Schnellzuggleise. 1 : 5.

Die Bettung besteht aus scharfem, aber sehr feinkörnigem Steinschlag, sie war infolge des früher beabsichtigten Oberbaus beim Einbau nur 5 cm unter Schwellenunterkante stark und mußte daher mit Brecheisen gestopft werden; es

ist wohl anzunehmen, daß diese geringe Bettungsstärke bald vergrößert wird, denn durch sie muß das Fahren bald sehr hart und Gleis und Betonsohle rasch zerstört werden.

Die Weichen haben ein Neigungsverhältnis von ungefähr 1 : 5 und sind in den durchgehenden Hauptgleisen, wie sehr häufig in Amerika, am Herzstück mit einer beweglichen Flügelschiene versehen, die beim Umstellen der Weiche mit umgestellt wird und dadurch die sonst vorhandene Unterbrechung im Gleis schließt.

Ob die Lüftung besondere Einrichtungen verlangen wird, will man zunächst noch abwarten. Vorläufig sind nur an einzelnen Stellen Nischen eingebaut, in denen später, wenn es nötig werden sollte, elektrisch angetriebene Luftabsauger aufgestellt werden können, zur Zeit sind die Nischen nach dem Tunnel zu durch eine Art Jalousien geschlossen. — Der nördliche Teil des Broadway, unter dem die Bahn hergeführt ist, hat streckenweise einen 2 m breiten mittleren Rasenstreifen. In diesen münden in Abständen von etwa 200 m Lüftungsschächte, die mit einem kleinen Granitsockel und eisernem Gitter umgeben sind.

b) Bauausführung der Unterpflasterbahn.

Vorbereitende Arbeiten. Die Bahn wurde unter voller Aufrechterhaltung des Straßenverkehrs gleichzeitig an möglichst viel Stellen in Angriff genommen; einzelne Teile mußten allerdings lange zurückstehen, besonders dort, wo bestehende Bauten lange Verhandlungen und große Veränderungen nötig machten. Auch mit der Bauausführung in der Nähe des Grand Central Depot zögerte man sehr lange, weil man immer noch auf eine unmittelbare Verbindung mit der Neuyork Zentral-Eisenbahn gehofft hatte. Der Aufstellung der Einzelentwürfe gingen genaue Ermittlungen über die Bodenbeschaffenheit voraus und über alle Straßenanlagen und benachbarten Bauten, die durch die Bauausführung berührt wurden. Erst wenn alle Entwürfe für die notwendigen Änderungen endgültig festgestellt und von allen Beteiligten gutgeheißen waren, ging man an die Bauausführung und begann in der Regel mit den Nebenarbeiten, wie Verlegen von Straßenbahngleisen, Absteifen der Hochbahn, Ändern der Straßenleitungen; dazu kamen im südlichen Teil von Neuyork Verbreiterungen und Begradigungen von Straßen. Zu Arbeitsplätzen wählte man die freien Plätze, die aber nur spärlich vorhanden sind und dadurch oft den ganzen Gang der Bauausführung bestimmten. Als Antrieb für die vielen Maschinen zum Heben und Fortschaffen der Erde, zum Pumpen, Betonmischen, zum Bohren und Nieten, wurde meist Druckluft gewählt, weil man bei Dampfbetrieb zuviel Einzelanlagen hätte schaffen müssen oder zuviel Verlust gehabt hätte bei den langen Dampfleitungen zu den einzelnen Arbeitsstellen.

Arbeitsvorgang beim Aufbau des Tunnels. Wenn alles vorbereitet war, wurde der Tunnelquerschnitt, wie weiter unten erörtert, ganz oder teilweise freigelegt und dann der Aufbau mit dem Einbringen der untern Betonlage der Sohle begonnen. Dann wurde ein kleines Stück der seitlichen Schutzwände hochgemauert und der untere Teil der Wasserdichtung hergestellt; auf diese kam die obere Betonlage der Sohle, in die die Unterstützungen der Säulen in Stein oder Eisen eingelegt wurden. Weiterhin wurden die Außenschutzwände aufgemauert, die Wasserdichtung der Seitenwände fertiggestellt und dann das ganze Eisenwerk eingebaut. War dies vollendet, so wurden die Betonkappen der Seitenwände und der Decke eingestampft, dann die Wasserdichtung in der Decke verlegt und die obere Schutzschicht aufgebracht.

Der Beton wurde im Anfang trocken eingestampft, später naß eingebracht; man verspricht sich hiervon bessern Erfolg, weil man die Arbeiter bei der Stampfarbeit doch nicht genügend überwachen kann. Der Zement stammt, wenn auch nur zum kleinen Teil, aus Deutschland.

Das Eisen wurde durchweg mit Lufthämmern genietet, die sehr flott arbeiteten. Besondere Spannstangen zwischen den Deckenträgern erleichterten die Aufstellung und wurden später mit einbetoniert. Das Eisen wurde mit dem Pinsel gestrichen, der übrige Tunnel dadurch mit einem weißen Farbüberzug versehen, daß in den Farbbehälter Druckluft geleitet und die Farbe durch eine Art Gießkannensieb ausgespritzt wurde; auf diese Weise konnte man sehr rasch arbeiten und kam mit der Farbe an alle Stellen (vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung 1898 S. 8 u. 252).

Absteifarbeiten. Die schwierigsten Arbeiten waren naturgemäß die Ausschacht- und Absteifarbeiten, die mitten in und unter den belebtesten Straßen ausgeführt werden mußten. Im Vergleich zur Tiefbahn in Berlin hatte man den Vorteil, daß der Wasserzufluß sehr gering und durch Ansammlung in Pumpensümpfen und Auspumpen bequem zu bewältigen war; auch der Untergrund, der aus Felsen und festgelagertem Sand bestand, war besser. Dagegen war die Aufrechterhaltung des Straßenverkehrs viel schwieriger, da keine breite Mittelpromenade zur Verfügung stand, sondern die Bahn in recht engen, aber sehr belebten Straßen mit oft vier Straßenbahngleisen ausgeführt werden mußte. Der Boden wurde in der Regel von Hand gelöst, nur fester Felsen wurde nach vorheriger Verlegung der Straßenleitungen und -Bahnen gesprengt. Die Bodenmassen wurden meist in der Grube auf Schmalspurkarren verladen und zu einem Kran geschafft, der die Wagenkasten in Straßenhöhe in Pferdekarren entlud. An Stellen, an denen das Fuhrwerk nicht bis zum Kran vordringen konnte und daher eine weitere wagerechte Förderung der Massen nötig wurde, wurde hierzu eine Luftseilbahn verwendet (vgl. Abb. 4 Bl. 52).

Von den unendlich vielen Arten des Bauvorgangs kann nur das Allerwesentlichste mitgeteilt und in großen Zügen dargestellt werden. Da durch die Ausschachtarbeiten der Straßenverkehr nicht unterbrochen werden durfte, so begann man meist mit einem schmalen Schlitzaufbruch in der Längenrichtung der Bahn dicht am Bürgersteig. Diese Arbeitsstelle blieb je nach der Breite und der Verkehrstärke der Straße offen oder wurde mit einer vorübergehenden Straßendecke versehen, immer aber sehr sorgfältig abgesteift. Von da ging man dann unterirdisch mit seitlichen Stollen vor, stützte in ihnen Straße und Straßenbahn durch Zimmerwerk ab und legte so allmählich die Baustelle frei. Im Anfang wurde an den meisten Stellen der Raum nicht in ganzer Breite ausgeschachtet, sondern erst ein Längenteil der Bahn ganz fertiggestellt und die darüber liegende Straße wieder vollständig hergestellt und dann erst der zweite Längenteil und vielleicht noch ein dritter und vierter in derselben Weise in Angriff genommen. Diese Bauart hat sich aber im allgemeinen nicht bewährt; für den Bau der Bahn und für alle kreuzenden

Straßenleitungen war selbstverständlich der Ausbau in voller Breite besser und man fand, daß dies auch für den Straßenverkehr zweckmäßiger sei, da dann die gesamte Arbeit weniger Zeit in Anspruch nahm und es sich herausstellte, daß es sehr gut möglich war, die ganze Straße auf eine Holzunterstützung zu setzen und mit Bohlen abzudecken. Ein eigenes Gefühl war es aber doch, über solche unterhöhlte Bohlenstraße zu gehen, unter der die Niethämmer klopften und über die die Straßenbahnwagen wie über einen ungeheuren Resonanzboden polterten. Die bemerkenswerteste Baustelle dieser Art war wohl die für die Haltestelle an der 14. Straße, hier war nicht nur die ganze Straße mit den Bürgersteigen, sondern auch noch ein großer Teil der Querstraße und eines angrenzenden Platzes unterhöhlt.

Die Absteifungen bestanden meist aus Querbalken, die in sehr kurzen Abständen lagen und durch Pfosten unterstützt wurden. Die Seitenwände waren, wo kein standfester Felsen angetroffen wurde, durch Spundwände oder durch wagerechte Steifen gesichert. Da die vielen Pfosten die Baustelle sehr beengten, so wurden im nördlichen Teil des Broadway für die Straßenbahn in der Längenrichtung der Tiefbahn kurze freitragende Brücken aufgebaut. Diese bestanden meist aus hölzernen dreifachen Sprengewerken, aber auch aus alten eisernen Fachwerkträgern der verschiedensten Bauart, die nur geraden Untergurt haben mußten, im Obergurt und dem Fachwerk aber alle möglichen Spielarten zeigten. Je zwei Träger waren im Obergurt durch Hölzer gegenseitig versteift, und es war mehr als eigenartig anzusehen, ein Parabelträger mit Ständerfachwerk zusammen mit einem Parallelträger mit Dreiecknetz, der eine rot, der andere gar nicht mehr angestrichen, beide friedlich vereint und verbunden durch einen „oberen Windverband“ aus alten Brettern, und an dem Gebilde hingen unten die Querträger für die Straßenbahn! Schön war's nicht, aber es ging.

Um eine der vielen Ausführungsarten darzustellen, sei die recht schwierige Bauausführung unter der 42. Straße in Abb. 3 bis 5 Bl. 50 kurz beschrieben. Hier liegt die Bahn infolge von Steigungen der Straße, die sie, um einen für den Betrieb günstigeren Längenschnitt zu erhalten, nicht mitmacht, bis über 11 m unter Straßenoberfläche. Einen an der Südseite der Straße gelegenen freien Platz wählte man als Angriffstelle und hob von hier aus unter dem Bürgersteig einen etwa 4,50 m breiten Schlitz bis zu voller Tiefe aus. In diesem wurde der Bau für das eine Gleis vollständig fertiggestellt und dann im Abstand von etwa 6 m Firststollen quer unter der Straße in Höhe der künftigen Tunneldecke vorgetrieben. In ihnen wurde die Straße durch I-Träger abgestützt, die an einem Ende auf der fertigen Tunneldecke, am anderen mittels einer Unterschwellung auf dem Felsen aufruhten. Durch weiteren Aufbruch wurde so der Raum für das zweite Gleis freigelegt und dabei die Straße durch zwischen die ersten Träger im Abstand von 1,50 m eingebaute Träger mit Zimmerung abgesteift. Beim Vortreiben der Träger dienten die aus der Abb. 5 Bl. 50 zu ersehenden Zwillings-I-Eisen als vorläufige Unterstützung. Nach Fertigstellung des Tunnels für das zweite Gleis wurde in gleicher Weise der dritte Gleisraum freigelegt usf. Der über der fertigen Tunneldecke frei werdende Raum wurde, um Sackungen zu vermeiden, mit Steinpackungen ausgefüllt. Wir konnten uns aber davon überzeugen, daß Sackungen doch in erheblichem Maße vorgekommen sind, und wenn dadurch der Verkehr auch nicht unterbrochen worden ist, so ist doch eine Neuherstellung des Straßendammes nötig geworden. Im übrigen hat sich die Bauausführung bei den schwierigen Verhältnissen gut bewährt.

Nebenarbeiten. Die Bauausführung der Unterpflasterbahn verursachte eine Unsumme von Nebenarbeiten, von denen wir aber nur die wichtigsten kurz erwähnen können.

Die Straßenbahnen machten mehr Schwierigkeiten als in anderen Städten, weil nicht nur die Schienen, sondern auch der zwischen ihnen liegende Kanal für die unterirdische Stromzuführung abgesteift und stets in gegenseitig genau richtiger Lage erhalten werden mußten. Meist wurden Schienen und Kanal in einen großen Betonklotz eingebettet, der während der Bauausführung durch Querbalken getragen wurde, aber auch durch Schwellenstapel und durch kleine Mäuerchen, die aus an Ort und Stelle gewonnenen Bruchsteinen aufgebaut wurden und vielfach über der fertigen Tunneldecke erhalten blieben. Das Straßenbahngleis erhielt durch den Betonkörper eine wesentliche Verstärkung, doch hat die Straßenbahn-Gesellschaft zu den Kosten nichts beigetragen. Im übrigen wurden die alten Schienen wieder verlegt, und wir mußten uns oft wundern, wie man in die neuhergestellten Straßendämme die alten Schienen mit den heruntergefahrenen Stößen wieder einbauen konnte.

Von den Straßenleitungen verursachten die, bei denen eine Veränderung der Höhenlage möglich war, noch verhältnismäßig einfache Arbeiten, dazu gehörten die Leitungen für Gas, Wasser, Druckluft, Rohrpost und Elektrizität, unter diesen Kabel mit Strom von 6500 Volt Spannung. Die in der Längenrichtung der Bahn verlaufenden Leitungen wurden vor Inangriffnahme des Baues möglichst weit nach der Seite verlegt, besonders die Druckwasserrohre, um bei einem Bruch den Tunnel nicht zu gefährden; wo sich dies nicht ermöglichen ließ, wurden die Tunnelwände verstärkt, so erhielt z. B. an der Station an der 14. Straße, an der ein Druckrohr von 36 cm dicht an dem Tunnel vorbeiführt, die Seitenwand eine Stärke von 2,40 m. Die die Bahn kreuzenden Leitungen mußten während des Baues an Hilfs-Tragewerken aufgehängt werden, welche die Baustelle oft sehr beengten, und an wichtigen Straßenkreuzungen konnte man glauben, ein Heer von Schlangen sei über die neue Bahn hergefallen, um sie in ihren Umschlingungen zu erdrücken. Soweit es irgend möglich war, wurden alle Leitungen über die Bahn überführt; war hierzu nicht genug Höhe über der Tunneldecke vorhanden, so löste man größere Rohre in mehrere kleinere auf, und wo auch dies nicht genügte, baute man wie bei der Tiefbahn in Berlin besondere Rohrkästen in die Decke ein, indem man in einem oder mehreren Feldern zwischen den Deckenträgern die Betonkappen fortließ und durch eine nur 8 cm starke, aus kleinen I-Trägern gebildete Decke ersetzte. Konnte man auch so noch nicht genügend Raum gewinnen, so wurden an den unteren Flanschen der Deckenträger Tonnenbleche eingespannt. Wenn es ganz unmöglich war, die Leitungen über die Bahn hinwegzuführen, so wurden unter der Bahn begehbare Kanäle aus Beton erbaut. Um diese recht kostspielige Bauart vollständig zu vermeiden, hat man, wie früher schon erwähnt, bei den späteren Bauten in Brooklyn den Zwischenraum zwischen Straße und

Tunneldecke von 78 cm auf 1,80 m vergrößert und damit auch genügend Höhe gewonnen, um über der Bahn einen Längskanal zu erbauen, der alle Leitungen aufnehmen kann.

Größere Schwierigkeiten verursachten die Rohre für die Entwässerung, da an ihrer Höhenlage vorübergehend kaum etwas geändert werden konnte. Auch hier wurden, soweit wie irgend möglich, alle Änderungen vor dem Bau der Bahn ausgeführt. Die in der Längenrichtung der Bahn liegenden Kanäle größeren Durchmessers wurden meist in benachbarte Parallelstraßen verlegt; für die Hausanschlüsse wurden, um die vielen Kreuzungen der Bahn zu vermeiden, zu ihren beiden Seiten Stammleitungen erbaut. Die die Bahn kreuzenden Kanäle wurden meist unterführt, da sie aber nur 4 m tief liegen, die Tunnelsohle dagegen mindestens 5,50 m, so mußten sie fast sämtlich gesenkt werden. Dücker sind hierbei jedoch mit einer Ausnahme vermieden worden; man legte vielmehr von der Kreuzungsstelle das ganze Rohr mit möglichst geringem Gefälle auf eine so große Strecke tiefer, bis man eine günstige Ausmündung an ein bestehendes entsprechend tief liegendes Rohr fand. Die Kanäle wurden, nachdem verschiedene andere Bauweisen angewendet worden waren, seit 1901 fast ganz aus Beton erbaut; dies ermöglichte im Vergleich zu Mauerwerk raschere Bauausführung, durchweg glatte Oberflächen und vollständig geschweifte knicklose Übergänge an den Einmündungsstellen. Der an einer Stelle ausgeführte Dücker ist in Abb. 13 u. 14 Bl. 50 dargestellt. Der Kanal ist, um die Tiefe zu verringern und eine Reinigung ohne Betriebsstörung vornehmen zu können, in zwei Rohre aufgelöst, die aus einem schmiedeeisernen in Beton verlegten Mantel bestehen. Beiderseits des Tunnels sind Einsteigschächte angeordnet, die auf die Reinigungskammern münden.

Die Kosten für alle Änderungen an Straßenleitungen hatte die Unternehmergesellschaft zu tragen; konnte bei den Verhandlungen mit den verschiedenen Besitzern keine Einigung erzielt werden, so hatte der Oberingenieur des Schnellverkehrsausschusses das Recht der endgültigen Entscheidung. Es sei noch erwähnt, daß bei den Hausanschlüssen für jeden entstehenden Wassersack eine Summe von 630 ℳ gezahlt wurde, die den kapitalisierten Mehrkosten für Reinigung und Unterhaltung entsprechen soll.

Die angrenzenden Gebäude verursachten manche besondere Arbeiten; so mußten vor allem viele Vorkeller, die in die Straße hineinragten, umgebaut und viele Hausgrundmauern vertieft werden. Häufig waren die Säulen der Hochbahn während des Baues abzusteifen und später auf der entsprechend verstärkten Tunneldecke neu aufzustellen. Am Columbus-Circle unterfährt die Bahn das Denkmal des Entdeckers, dessen Grundmauern in Tunnelausführung bis unter die Sohle der Tiefbahn vertieft wurden, ohne daß sich an den gewaltigen Granitmassen auch nur die geringste Senkung zeigte. Mehrfach wurden an Straßenecken die Keller von den Eckhäusern angeschnitten, und an zwei Stellen wurden gleichzeitig mit der Bahn neuzeitliche Geschäftsgebäude, d. h. Himmelskratzer errichtet. Bei dem in Abb. 15 Bl. 50 dargestellten Gasthofgebäude liegen die Grundmauern des mit vier Kellergeschossen versehenen Bauwerks 8,50 m unter S.O. der Tiefbahn, die die Stelle der zwei oberen Keller einnimmt, und über der Bahn türmen sich dann noch 21 (einundzwanzig) Stockwerke auf. An einem anderen Platz errichtete eine bedeutende Tageszeitung ein ähnliches Gebäude mit 23 Stockwerken über und 5 unter der Erde, von denen gleichfalls ein Teil der beiden oberen von der Bahn eingenommen wird. Die ganze Höhe des Riesenbaues beträgt 115 m über und 15 m unter der Erde; die tiefen Keller unter der Bahn sollen die Druckerei aufnehmen. Damit sich die von der Bahn erzeugten Schwingungen nicht auf die Gebäude übertragen, sind alle Bauteile, besonders die Grundmauern und die eisernen Pfeiler vollständig voneinander getrennt. Von dem Gewirr von Eisen, das in solcher Baustelle, z. B. an der Ecke der 4. Avenue mit der 42. Straße steckt, kann man sich kaum eine Vorstellung machen.

2. Die gewölbten Tiefbahnstrecken.

An mehreren Stellen war man gezwungen, von dem Grundsatz, die Bahn möglichst dicht unter der Straße als Unterpflasterbahn auszuführen, abzuweichen, da einzelne Bodenwellen eine tiefere Lage der Bahn erwünscht machten, um starke verlorene Steigungen zu vermeiden An solchen Stellen erhielt die Bahn den bei Eisenbahnen üblichen Tunnelquerschnitt mit gewölbter Decke, dessen Bauausführung wenig Bemerkenswertes bietet. Man wendete, wenn genügend Höhe vorhanden war, ein halbkreisförmiges Gewölbe an mit einem Halbmesser von 3,80 m für die zweigleisige Strecke. Gewölbe und Seitenwände wurden ganz aus Beton hergestellt, dessen Stärke je nach der Art des Bodens und der Tiefe der Bahn sehr wechselte. Zwischen der 33. und 41. Straße mußte die viergleisige Bahn unter einer Bodenwelle hindurchgeführt werden, in der bereits unter der Straße ein zweigleisiger, früher von der Eisen-, jetzt von der Straßenbahn benutzter Tunnel liegt. Da es gefährlich schien oder wenigstens eine sehr schwierige Bauausführung bedingt hätte, unmittelbar unter diesem Tunnel einen zweiten (noch dazu für vier Gleise) anzulegen, so wurde die viergleisige Bahn in zwei zweigleisige Tunnel aufgelöst, die mit einem Abstand von 12,40 m von Mitte zu Mitte unter dem bestehenden Tunnel zu seinen beiden Seiten liegen. Die Gewölbe sind zur Verringerung der Höhe korbbogenförmig und 47 bis 78 cm stark, bei ungünstig einfallenden Felsschichten hat die Decke eine Verstärkung durch Eiseneinlagen erhalten. In den Scheitel wurden im Abstand von 9 bis 15 m senkrechte Röhren eingebaut, durch die hindurch nach Fertigstellung des ganzen Tunnels flüssiger Zement gepumpt wurde, um alle beim Hinterpacken nicht ordentlich ausgefüllten Stellen zu schließen. — In diesem Tunnel ereignete sich ein Felseinsturz, durch den der Unternehmer dicht neben dem Oberingenieur getötet wurde.

Auch die tiefer gelegenen Strecken der Zufahrrampen zu den beiden Unterwassertunneln sind zum Teil mit gewölbter Decke ausgeführt worden. Bemerkenswert ist hier der Bauvorgang am Harlem, bei dem man die Bahn in offener Baugrube ausführte, da das Gelände noch unbebaut war. Der zweigleisige Tunnel besteht, wie Abb. 10 Bl. 50 zeigt, ganz aus Beton und ist in eine wasserdichte Schicht eingehüllt, die noch durch eine Lage in heißem Asphalt verlegter Steine verstärkt ist; in den Seitenwänden sind diese durch eiserne Haken mit dem Beton fester verbunden. Das Gewölbe ist an der Unterseite durch 20 mm starke, in Abständen von 47 cm liegende Stahlbänder verstärkt. Die Sohle

ist, um dem Wasserdruck von unten besser zu widerstehen, gewölbt, über ihr liegt eine starke Platte mageren Betons, in den in der Mitte die zur Aufnahme der elektrischen Leitungen dienenden Terrakottaröhren eingebettet sind. Der Tunnel wurde zwischen Spundwänden ausgeführt, die trotz eines Wasserdruckes von beinahe 15 m Höhe dicht hielten, zur größeren Sicherheit waren sie durch Querbalken abgesteift, die durch Taucher eingebracht und befestigt wurden.

3. Die Unterwassertunnel.

Die beiden Tunnel unter dem Harlem und dem East River sind wie der Spreetunnel bei Berlin und die neuen Tiefbahnen in London als eiserne Röhrentunnel ausgebildet.

Bei der Unterfahrung des Harlem beabsichtigte man zunächst, die beiden Gleise in zwei vollständig getrennten Röhren mittels Brustschildes und unter Druckluft auszuführen. Später aber entschloß man sich auf Vorschlag des Unternehmers, den Bau mittels Bodenaushubes von oben her zu wagen, und um hierbei an Aushub- und Betonmassen zu sparen, legte man die beiden Röhren mit einer senkrechten Zwischenwand unmittelbar nebeneinander, so daß der in Abb. 16 Bl. 50 dargestellte Querschnitt entstand. Dieser besteht für jede Tunnelhälfte aus sieben Ringstücken, die von einem großen einheitlichen Betonkörper umgeben sind. Die aus Gußeisen bestehenden Ringstücke sind etwa 3 cm stark und haben zur Verbolzung untereinander an allen vier Seiten Flanschen von 3,3 cm Stärke und zur Verstärkung nach innen vortretende Rippen. Die Stoßfugen sind durch Papiereinlagen gedichtet und die inneren Wandungen mit Beton fetter Mischung verkleidet. Die elektrischen Leitungen sind in zwei senkrechten, zu beiden Seiten der Zwischenwand liegenden Reihen durchgeführt.

Da durch die Bauausführung die Schiffahrt nicht unterbrochen werden durfte, wurde der Bau in zwei Teilen so ausgeführt, daß immer die eine Hälfte des Flusses für die Schiffahrt frei blieb. Zuerst wurden zu beiden Seiten des späteren Tunnels die aus Abb. 7 Bl. 51 zu ersehenden Arbeitsplattformen auf eingemauerten Pfählen erbaut, dann wurden die Längswände der Baustelle mit einer etwa 30 cm starken Spundwand eingefaßt und die Stirnwände an der Landseite und in der Mitte des Flusses durch Fangedämme geschlossen, worauf das Ausbaggern unter Wasser erfolgte. In der Baugrube wurden eine Reihe Pfähle geschlagen, die ebenso wie die Spundwände von Tauchern in gleicher Höhe abgeschnitten wurden. Auf diese wurde eine schwimmend eingebrachte Abdeckung versenkt, die, wie Abb. 6 Bl. 51 zeigt, aus drei Lagen 30 cm starker Balken bestand. Dadurch war ein nach allen Seiten geschlossener Hohlraum geschaffen, zu dem durch die Decke vier Schleusen führten, je eine für die Arbeiter, die Einfuhr der Baustoffe, die Ausfuhr des Bodens und eine besondere zum Einbringen der Eisenteile für den Tunnelmantel. Drei Luftdruckpumpen hielten das Wasser ab, doch kam man meist mit einem so geringen Druck aus, daß die Arbeiter acht Stunden mit einer halben Stunde Pause arbeiten konnten. Die Verluste an Druckluft waren, trotzdem der Abschluß nur aus Holz bestand, sehr gering, man konnte kaum aufsteigende Blasen entdecken. Das zuströmende Wasser und ein Teil des Bodens wurden durch eine Kreiselpumpe nach oben befördert.

Der East River-Tunnel gehört zu der erst im Jahre 1901 beschlossenen Erweiterung der Stadtbahn nach Brooklyn, deren wesentlichsten Teil er bildet. Der Untergrund des hier 1250 m breiten und bei H. W. 14 m tiefen Meeresarmes besteht auf der Neuyorker Seite bis zur Mitte aus brüchigem, wasserführendem Felsen, auf der Brooklyner Seite aus Sand. Die Sohle des von beiden Enden mit 31 vT. = 1 : 32,3 fallenden Tunnels liegt an der tiefsten Stelle 29 m unter H.W. Zuerst beabsichtigte man für die zweigleisige Bahn einen Kanal in der Flußsohle auszubaggern und den Tunnel in einzelnen an Land fertiggestellten Stücken zu versenken. Man kam hiervon aber bald ab, weil das Kriegsministerium eine auch während des Baues offen zu haltende Wassertiefe von 13,70 m verlangte und weil die Bauausführung bei dem lebhaften Schiffsverkehr, den starken Wasserströmungen und den großen Verschiedenheiten in Tiefe und Bodenverhältnissen recht gefährlich und schwierig geworden wäre. Man wählte daher tunnelmäßige Bauausführung mit je einem besonderen Tunnel für jedes Gleis. Den in Felsen liegenden Teil wollte man zuerst aus Beton mit einer schmiedeeisernen Verstärkungseinlage erbauen, man wählte aber schließlich doch für den ganzen Tunnel die Bauart mit einem gußeisernen

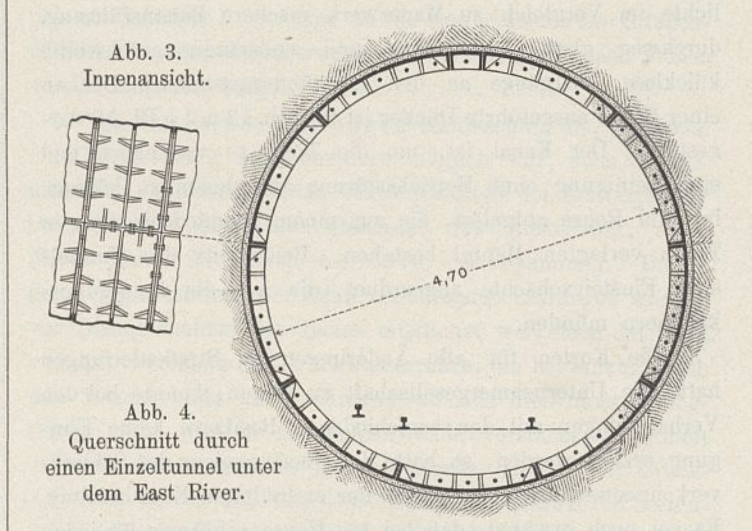


Abb. 3. Innenansicht.

Abb. 4. Querschnitt durch einen Einzeltunnel unter dem East River.

Mantel. Dieser besteht, wie Text-Abb. 3 u. 4 zeigt, aus neun je 55 cm langen Ringstücken und einem kleinen Kopfstück, das infolge seiner schrägen Flanschen keilartig wirkt. Die Platten sind 30 mm, die Flanschen und Verstärkungsrippen 33 mm stark, von letzteren hat eine ein Loch, um die Handhabung der schweren Stücke beim Einbauen zu erleichtern. Mit der Bauausführnng war zur Zeit unserer Anwesenheit (Juli 1903) gerade begonnen worden. Auf beiden Ufern war ein für beide Tunnel gemeinsamer Schacht gesenkt, von dem aus auf der Neuyorker Seite mit Firstaufbruch und Zimmerung ohne Anwendung von Druckluft vorgegangen wurde. Die gelösten Massen wurden in den Wagenkästen der in jedem Tunnel verlegten Schmalspurbahn durch den Schacht mittels Dampfkrans gehoben und über eine besondere aus Holz erbaute Hochbahn zum Ufer gebracht, von wo sie in Schiffe gestürzt und dann im Hafen 24 km von der Küste versenkt wurden. Der Wasserandrang durch den brüchigen Felsen war am Schacht schon recht bedeutend, und die bauleitenden Ingenieure glaubten, daß man sehr bald genötigt sein werde, den Schild einzubauen und unter Druckluft zu arbeiten; die hierzu erforderlichen Maschinen von 700 PS. wurden bereits aufgestellt.

B. Die Hochbahn.

Die Hochbahnstrecken bilden nur einen kleinen und verhältnismäßig unwichtigen Teil der ganzen Anlage. Sie liegen in den nördlichen noch wenig angebauten Stadtteilen von Neuyork, in denen eine Belastung der Straßen durch eine eiserne Hochbahn noch zulässig schien und die bedeutend höheren Baukosten für eine Tiefbahn sich nicht rechtfertigen ließen. Außerdem liegt in der nordwestlichen Seitenlinie zwischen zwei Tiefbahnstrecken ein kurzes Stück Hochbahn an der Durchkreuzung des tiefeingeschnittenen Manhattan-Tales (vgl. den Längenschnitt Abb. 1 Bl. 50).

Man beabsichtigte zuerst, den Unterbau der Hochbahn zunächst auf zwei Gleise einzurichten, alle Trageteile aber so stark zu machen, daß eine Erweiterung auf vier Gleise bequem ausführbar war; einzelne Teilstrecken sollten aber von Anfang an drei- oder viergleisig hergestellt werden. Nach langen Verhandlungen wählte man den Mittelweg und führte unter Verzicht auf eine Erweiterungsmöglichkeit die ganze Hochbahn dreigleisig aus; das dritte — mittlere — Gleis wird von Schnellzügen befahren, die, wie oben besprochen, in den Stunden des stärksten Berufverkehrs in gleicher Richtung mit diesem verkehren. Der eiserne Unterbau zeigt den älteren amerikanischen Hochbahnen gegenüber in den Einzelheiten große Verbesserungen, in der gesamten Anordnung und der statischen Wirkungsweise hat man sich aber von dem Althergebrachten kaum frei gemacht und sich die großen Vorzüge entgehen lassen, die die elektrische Hochbahn in Berlin so auszeichnet. Bei dem regelmäßigen Unterbau sind nach Abb. 8 Bl. 51, wie in Amerika üblich, für jedes Gleis zwei Blechträger angeordnet, die an dem einen Auflager mit der tragenden Säule unmittelbar oder durch den Querträger fest vernietet und am anderen beweglich gelagert sind. Diese Bauart hat vor allem den Grundfehler, daß die wagerecht wirkenden Kräfte sehr schlecht aufgenommen werden; die festen Verbindungen zwischen Längsträger und Säule werden zu stark angegriffen und die Niete rasch losgerüttelt, die Säulen werden als unten eingespannte Stützen beansprucht, sie müssen daher am Fußpunkt die größten Momente aufnehmen, hier also den größten Querschnitt haben und müssen mit den bedeutend zu verstärkenden Grundmauern durch Anker fest verbunden werden, die sich im Betriebe leicht lockern und das Mauerwerk zerstören. Alle diese Fehler sind bei der Hochbahn in Berlin bekanntlich dadurch vermieden, daß in jedem zweiten Feld die beiden Längsträger mit den vier Säulen in der Längen- und Querrichtung zu einem starren statischen Gebilde — einem Tisch — verbunden sind.



Abb. 5. Eisengerüst der Hochbahn.

Alle Verbindungsstellen sind vernietet, die früher in Amerika so beliebten Bolzenverbindungen hat man hier vollständig verlassen, sie werden auch bei sonstigen Brücken, außer bei großen Spannweiten, nicht mehr angewendet. Die längenbewegliche Auflagerung der Träger ist für einen Wärmeunterschied von 65° C. berechnet und nach der in Abb. 9 bis 11 Bl. 51 dargestellten Weise ausgeführt, die uns vielleicht nicht ganz einwandfrei vorkommt. An den Querträger ist ein bis etwa zur halben Höhe reichendes Konsol angenietet, das aus zwei Winkel- und zwei Flacheisen besteht, hierauf ruht eine Halbwalze und auf dieser der Längsträger, dessen oberer Teil durch vier aufgelegte Platten verstärkt ist; die Halbwalze ist durch zwei Winkeleisen seitlich gedeckt. Die Säulen haben einen Querschnitt aus einem Stehblech, vier Winkel- und zwei [-Eisen erhalten, letztere sind für die Bahn besonders gewalzt worden und haben, um Verletzungen möglichst zu vermeiden, abgerundete Ecken erhalten. Die Träger sind bis zu einer Länge von 42,50 m als Blechträger ausgeführt worden, weil diese Gitterträgern gegenüber einfacher und billiger für die Unterhaltung sind, und haben dabei Höhen bis zu 4,3 m erhalten. Der gemeinsame Querverband für die drei Gleis-Tragewerke besteht nur aus den über den Säulen liegenden Querträgern und gelegentlichen Quersteifen, im übrigen hat jedes Gleis für sich einen dreieckförmigen Windverband erhalten. Der statischen Berechnung ist ein Wagenzug zugrunde gelegt, der aus vierachsigen Drehgestellwagen von 14 m Länge mit einem Acksdruck von 12 t besteht. — Bei größerer Höhe hat man diese Anordnung doch nicht für genügend stark gehalten, um die wagerechten Kräfte aufzunehmen, und man hat daher Ankerjoche gebildet, indem man meist in jedem zweiten Feld sämtliche Säulen durch wagerechte Gitterträger und Schrägstäbe gegenseitig versteift hat, wie Text-Abb. 5 und Abb. 1 u. 2 Bl. 51 zeigen.

Die Fahrbahntafel ist weder wasserdicht noch schalldämpfend, die hölzernen Querschwellen liegen vielmehr wie

bei den anderen Hochbahnen in Amerika auf den Hauptträgern unmittelbar auf. Die Schwellen, die 21 · 21 cm stark sind, bestehen aus Yellowpineholz von Florida, sie liegen nach amerikanischem Gebrauch sehr dicht, beträgt der Abstand von Mitte zu Mitte doch nur 47 cm. Jede Schiene hat eine innere und äußere hölzerne Schutzschiene, von denen bei Entgleisungen also immer zwei in Wirkung treten; diese etwas reichliche Anordnung soll auch dazu dienen, den ganzen Oberbau steifer zu machen. Die Befestigung der Hölzer auf den Eisenteilen geschieht wie in Text-Abb. 6 mit Hakenschrauben, deren Muttern stets an der Oberseite liegen, um das Nachziehen zu erleichtern, und die mittels besonderer Töpfchen in das Holz eingelassen sind, damit keine Vorsprünge entstehen, die zu Unglücksfällen Veranlassung geben könnten.

Abb. 6. 1:20. Befestigung der Schutzschienen.

Zwischen je zwei Gleisen liegt ein Bohlenweg für die Streckenarbeiter.

Abb. 7. Allgemeine Anordnung einer Lokalzug-Haltestelle der Tiefbahn.

a Handleiste zur Trennung von Ein- und Ausgang.

Das bemerkenswerteste Bauwerk der Hochbahn ist die Überschreitung des Manhattan-Tales mit der in Text-Abb. 11 dargestellten, aus drei Hauptträgern bestehenden Zweigelenkbogenbrücke, die lebhaft an deutsche Brücken erinnert. Der Aufbau der drei Bogen erfolgte, um den Straßenverkehr nicht zu unterbrechen, in drei Teilen: zuerst wurden die beiden Seitenteile aufgestellt und dann wurde mit zwei großen Kranen das Mittelstück hochgewunden, das durch starke Hölzer gegen Verbiegungen gesichert war. Die Widerlager sind zur Aufnahme des wagerechten Schubes in recht geschickter Weise mit den Grundmauern der nächsten Säulenreihe durch zwischengespannte, im Boden liegende Gewölbe verbunden. (Die Text-Abb. 11 zeigt im Hintergrund die Überführung der Uferstraße über das Manhattan-Tal, ein wenig glückliches Bauwerk, bei dem der Steingewölbebau in Eisen nachgeahmt ist.)

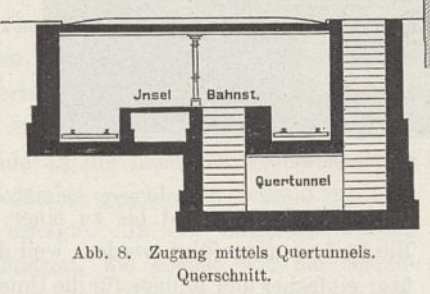


Abb. 8. Zugang mittels Quertunnels. Querschnitt.

Abb. 9. Zugang mittels Querbrücke. Querschnitt.

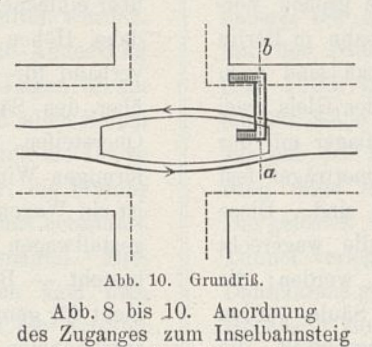


Abb. 10. Grundriß.

Abb. 8 bis 10. Anordnung des Zuganges zum Inselbahnsteig der Tiefbahn-Haltestellen.

IV. Die Stationsanlagen.

Die mittlere Entfernung der Haltestellen voneinander ist bei der neuen Bahn kleiner als bei den meisten bestehenden Stadtbahnen. Der mittlere Stationsabstand beträgt z. B.:

bei der elektrischen Stadtbahn in Berlin . . 900 m
„ „ Schwebebahn in Elberfeld . . . . 700 „
„ „ Central Londonbahn . . . . . . 800 „
„ „ Hochbahn in Boston . . . . . . 740 „.

In Neuyork haben die Stationen der Stammlinie eine durchschnittliche Entfernung von 500 m, die nur noch von der der Schleifenhochbahn in Chicago mit 300 m und der Tiefbahn in Boston mit 350 m unterschritten wird; beide Bahnen sind aber sehr kurz und liegen im dichtesten Geschäftsviertel. Auf den drei Seitenlinien beträgt der Stationsabstand 800 bis 870 m, doch ist die spätere Anlage weiterer Haltestellen beabsichtigt. Die größte Strecke zwischen zwei Stationen bildet mit 2400 m Länge die Unterfahrung des East River. Die Schnellzugstationen auf der Stammlinie haben eine durchschnittliche Entfernung von 2500 m.

Die Gleisanlagen sind sehr einfach, da meist die Hauptgleise glatt durchgeführt sind. Weichenverbindungen vor den Stationen gestatten bei Betriebsstörungen den Übergang auf das andere Gleis, auf der Stammlinie besonders das Übergehen von Zügen zwischen dem Lokal- und Schnellzuggleis derselben Fahrrichtung. Die dreigleisigen Strecken haben in der Regel die in Abb. 11 Bl. 50 dargestellte Gleisanordnung erhalten. Der das mittlere Gleis benutzende Schnellzug kann also entweder ohne Aufenthalt glatt durchfahren oder, wenn er halten soll, zur Vorfahrt am Bahnsteig auf Gleis I oder III übergehen, um dann auf Gleis II die Fahrt fortzusetzen. Diese Anordnung ist jedenfalls zweckmäßiger und leistungsfähiger als die auf den älteren Hochbahnen in Neuyork häufig angewendete und in Abb. 12 Bl. 50 dargestellte, bei der die Schnellzüge in den Stationen, einerlei ob sie Aufenthalt haben oder nicht, unbedingt auf das äußere Gleis übergehen müssen. Nebengleise sind nur an wenigen Stationen vorgesehen; sie dienen zum Aufstellen wendender Züge, so z. B. an der City-Hall (vgl. Abb. 17 Bl. 50) und zum Beiseitesetzen lauf-unfähiger Züge, z. B. bei der Station an der 14. Straße. Zum Aufstellen der Wagenzüge während der Betriebspausen sind an mehreren Stellen Abstellbahnhöfe angeordnet; so ist die nordwestliche Seitenlinie auf eine Strecke von 600 m Länge auf acht Gleise verbreitert, von denen die sechs mittleren zum Aufstellen von 150 Wagen dienen; für einen Abstellbahnhof an der nordöstlichen Seitenlinie hat man ein am Harlem liegendes noch unbebautes

Gelände gewählt und dadurch die in Bau und Betrieb sehr teure Anlage eines unterirdischen Bahnhofs vermieden, aber allerdings in den Verbindungsgleisen eine Steigung von 40 vT. = 1 : 25 anwenden müssen. Zum Aufstellen der Züge dient außerdem das mittlere Gleis der dreigleisigen Strecke, auf dem vor allem die auf ihm verkehrenden Schnellzüge Unterkunft finden.

Besondere Beachtung verdienen die beiden Schleifen an der City-Hall und der Battery (vgl. Abb. 17 Bl. 50), die den von Norden kommenden Zügen das Wenden ohne Richtungswechsel gestatten.

Die Bahnsteige sind zum kleinern Teil als Insel-, zum weitaus größeren aber als Außensteige angelegt, sie zeigen also nicht die vollständige Gleichmäßigkeit, die man bei einer Stadtbahn wünschen müßte; doch kann man hieraus den Erbauern bei der großen Verschiedenheit in den Betriebsansprüchen keinen Vorwurf machen. Wie gesagt, sind in der Regel Außenbahnsteige angewendet worden, wie auch bei den neuen Stadtbahnen in Berlin, Elberfeld, Wien und Paris. Das verwundert nicht in Amerika, einem Lande, in dem schon von jeher Außensteige für Stadtbahnen bevorzugt wurden, aber es ist doch höchst bemerkenswert, daß jetzt selbst die Amerikaner und zwar auf Grund sehr reiflicher Untersuchungen zu der altbewährten Anlage von Inselsteigen hinneigen, wie wir sie auf den Berliner Stadt- und Vorortbahnen haben. Ohne die Vorzüge von Außensteigen — die vor allem in dem einfacheren Bau, der geraden Durchführung der Hauptgleise und der bequemen Möglichkeit einer Verlängerung der Bahnsteige bestehen — zu verkennen, verschließen sie sich doch nicht gegen die Vorteile der Inselsteige, vor allem der einfachere Betrieb und die Ersparnis an Beamten und Bahnsteigausrüstung, und man hätte wohl Inselsteige als Regel gewählt, wenn dies nicht gerade bei Unterpflasterbahnen und oft auch bei Hochbahnen große Schwierigkeiten in der Anordnung der Zugänge ergäbe. Um nämlich von der seitlich im Bürgersteig liegenden Zugangtreppe zu dem Inselbahnsteig zu gelangen, muß das eine Gleis unbedingt gekreuzt werden, hierbei erfordert eine Querbrücke nach Text-Abb. 9 eine sehr tiefe Lage der Station, die für Bau und Verkehr nicht erwünscht ist, und bei hoher Lage der Station erfordert der dann notwendig werdende Quertunnel nach Text-Abb. 8 u. 10 verlorene Steigungen.

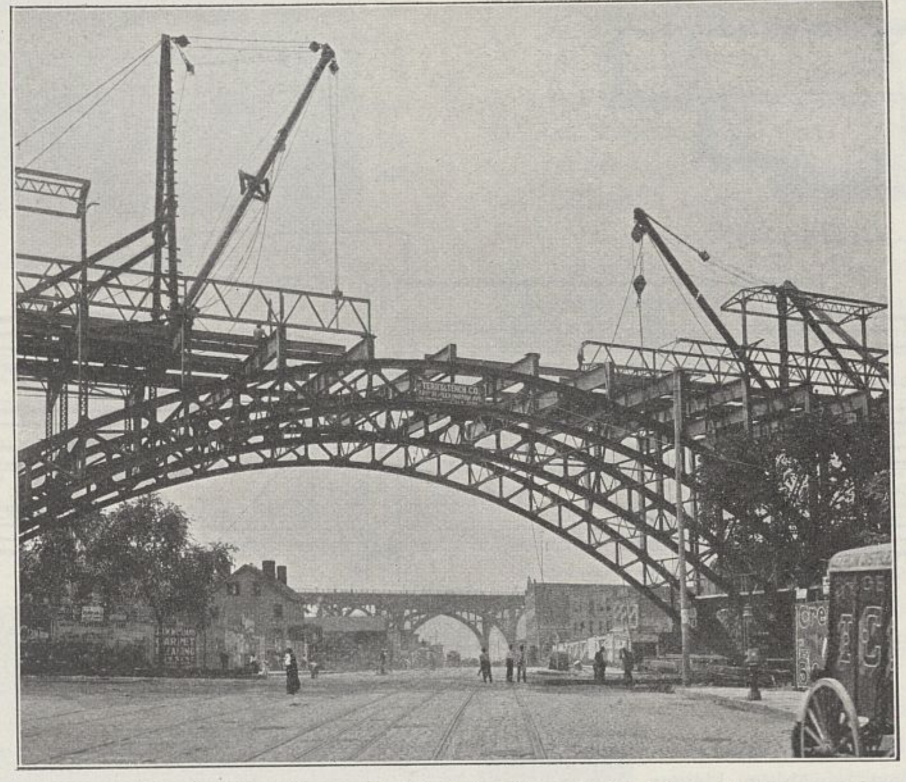


Abb. 11. Überführung der Hochbahn über die Manhattan-Straße.

Mit Außenbahnsteigen sind fast alle Haltestellen der zwei- und der dreigleisigen Strecke und alle Stationen für Lokalzüge an der viergleisigen Stammlinie ausgerüstet; nach demselben Grundsatz sind die beiden Stationen an den Wendeschleifen angelegt, sie haben also nur einen und zwar rechts von der Fahrrichtung liegenden Bahnsteig erhalten (vgl. Abb. 17 Bl. 50). Eine wesentliche Abweichung zeigen die Doppelstationen der viergleisigen Strecke, in denen jedes Gleis eine Bahnsteigkante erhalten mußte und der Umsteigeverkehr zwischen Lokal- und Schnellzug derselben Fahrrichtung möglichst bequem zu machen war. Beide Forderungen ergaben folgerichtig die Anlage von zwei Inselsteigen; um aber eine möglichst rasche Abfertigung der Lokalzüge zu gewährleisten, haben diese meist noch einen besonderen Außensteig erhalten (vgl. Text-Abb. 13).

Die Außenbahnsteige haben eine Breite von mindestens 3,05 m, die aber an den Einmündungen der Zugangstreppen auf 5,50 m und mehr vergrößert ist. Die Inselsteige sind etwa 5,50 m von Kante zu Kante oder 8,40 m von Gleismitte zu Gleismitte breit. Der Abstand von Bahnsteigkante bis zur Gleismitte beträgt 1,44 m, die Höhe über S.O. 1,10 m, wie allgemein in Amerika bei Stadtbahnen üblich.

Die Treppen liegen in der Regel in der Mitte der Bahnsteige und münden meist am Schnittpunkt einer Querstraße auf die Bürgersteige. In allen wichtigeren Stationen sind für Zu- und Abgang getrennte Treppen vorgesehen, hierbei liegen, wie Text-Abb. 7 zeigt, die Eingangstreppen immer möglichst nahe an der Hauptstraße und an der Straßenecke, während die Ausgangstreppen oft ziemlich entfernt in der Nebenstraße ausmünden. Die Treppen sind, wenn sie nur in einer Richtung benutzt werden, oft nur 1,80 m breit, was uns wohl etwas schmal vorkommt, aber im Vergleich zu vielen Zugängen bei anderen amerikanischen Stadtbahnen reichlich ist. Bei Stationen mit sehr großem Höhenunterschied sind außerdem Aufzüge angeordnet, und bei einer sehr hochliegenden Station der Hochbahn hat man mit einer beweglichen Treppe einen Versuch gemacht.

Nach dem Vorbild von Chicago haben auch in Neuyork einzelne große Geschäfte unmittelbare Zugänge von Stationen erhalten, die auf Kosten der Geschäftsinhaber erbaut und unterhalten werden. Ein großes Warenhaus hat sich dabei nicht gescheut, die Kosten für einen unter der Bahn herführenden Personentunnel aufzuwenden.

Die Fahrkartenausgaben liegen meist in Bahnsteighöhe, unmittelbar hinter ihnen ist die Bahnsteigsperre angeordnet, die Ausgänge sind in der Regel geschlossen und werden nur nach Ankunft eines Zuges geöffnet. Die meisten Haltestellen sind innerhalb der Sperre mit Aborten ausgerüstet. — Die Verunzierung der Stationswände mit Geschäftsanzeigen soll nicht geduldet werden; ob dies löbliche Streben, an dem wir uns übrigens ein Beispiel nehmen könnten, aber lange anhalten wird in dem „Lande der Reklame", ist sehr zu bezweifeln.

Die Stationen der Tiefbahn weichen in ihrer baulichen Anlage von der freien Strecke wenig ab; man hat sich im Gegenteil bemüht, alles so gleichmäßig wie möglich zu machen, mußte aber doch eine Reihe von Abänderungen vor-

mittels einer Beton-Eisen-Bauart gegen das Gleis um 48 cm vorgekragt; der entstehende Hohlraum hat den Zweck, daß Leute, die etwa kurz vor dem einfahrenden Zug auf das Gleis stürzen, sich retten können — eine ähnliche Anordnung findet sich auf den in Paris einmündenden Vorortlinien der Orléansbahn.

Wo irgend möglich, haben die Stationen natürliche Beleuchtung erhalten unter Anwendung einer in Amerika für begehbare Oberlichte sehr verbreiteten Bauart. Die Glaskörper sind, wie Abb. 4 Bl. 51 zeigt, schwach kegelförmig mit einem Durchmesser von 72 mm und einer Höhe von 56 mm, sie sind an der Unterseite zur besseren Brechung des Lichtes halbkugelförmig ausgehöhlt und haben drei ringsherum führende Rippen. Sie werden in fetten Beton verlegt, der durch kreuz- und quergehende 5 mm starke Eiseneinlagen verstärkt wird. Die so entstehende Platte wird von I-Trägern getragen, zwischen die kleinere I-Eisen oder Beton-Eisen-Balken als Querträger eingelegt werden (vgl. Abb. 3 u. 5 Bl. 51). Die Bauart dieser Oberlichte, die oft den ganzen Bürgersteig einnehmen, hat sich in Amerika

Abb. 12. Schnitt *A-B-C-D*.

Abb. 13. Lageplan.

Abb. 12 u. 13. Gesamtanordnung einer Doppelstation der Stammlinie.

nehmen. Die auf den Bahnsteigen stehenden Deckenstützen stehen nicht in dem sonst gewählten kleinen Abstand von 1,50 m, und es mußten daher, wie aus Abb. 12 Bl. 51 zu ersehen ist, zur Unterstützung der Decken-Querträger besondere Längsträger über den Bahnsteigsäulen angeordnet werden; man kam hier also zu einer Bauart, wie sie bei der elektrischen Tiefbahn in Berlin durchweg angewandt ist. Leider hat man diese Bauweise für die zwischen den Gleisen stehenden Säulen nicht angewendet, sondern die kleinen Abstände von 1,50 m beibehalten, und dadurch entsteht ein sinnverwirrender Wald von Säulen. Auf den Bahnsteigen sind ferner die schmiedeeisernen Säulen durch runde gußeiserne ersetzt worden, um Verletzungen vorzubeugen. Der Abstand zwischen Bahnsteigkante und Säule beträgt oft nur 60 cm und damit der Abstand von Gleismitte und Säule nur 2,04 m, während z. B. auf der elektrischen Stadtbahn in Berlin ein Mindestmaß von 2,50 m (für Hauptbahnen in Deutschland 3 m) vorgeschrieben war; man muß aber bedenken, daß der Bewohner Neuyorks durch die dicht neben der Straßenbahn stehenden Säulen der Hochbahn zur Aufmerksamkeit erzogen ist.

Die Bahnsteige bestehen aus Beton, der in der oberen Schicht eine besonders gute Mischung erhalten hat. Sie sind

gut bewährt, und die Beleuchtung ist so wirkungsvoll, daß an manchen Stationen während des Tages auf künstliche Lichtquellen verzichtet werden kann. Letztere bestehen meist aus Glühlampen, die in Kassetten an der Decke angebracht sind.

Sehr zu loben ist die Ausstattung der Stationen (Text-Abb. 16 und Abb. 5 Bl. 52). Alle Wände sind auf Bahnsteiglänge mit weißen glasierten Plättchen belegt, bei versetzten Bahnsteigen auch die gegenüber liegende Tunnelwand. Der untere Teil der Bahnsteigwände besteht bis zu einer Höhe von 80 cm aus hellen, sehr hart gebrannten Klinkern, um den heftigen Angriffen der eiligen und rücksichtslosen Reisenden zu widerstehen. Die Wände sind in einzelne Flächen aufgelöst, in

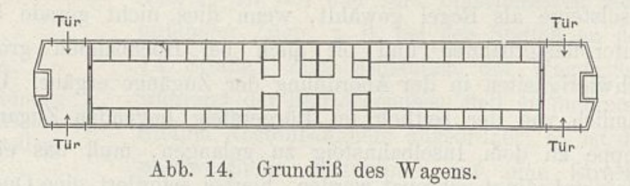


Abb. 14. Grundriß des Wagens.

die maßvolle ruhige Ornamente mit geometrischen und Pflanzenmotiven in Terrakotta oder Fayence eingelegt sind; auch die Stationsnamen und die sonstigen notwendigen Aufschriften sind, wie Text-Abb. 15 zeigt, künstlerisch durch-

gebildet. Alle Ornamente derselben Haltestelle haben denselben Farbenton, verschiedene Stationen aber verschiedene Farben, so daß man sie schon an der Färbung erkennen kann. Eine besonders schöne architektonische Ausstattung

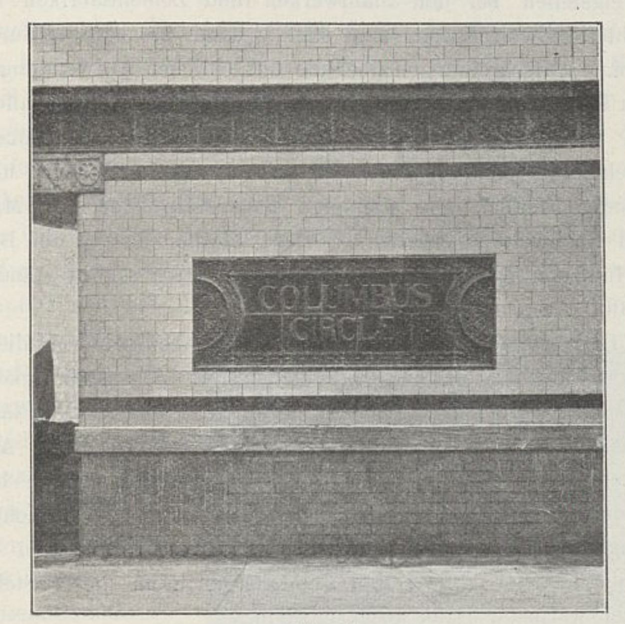


Abb. 15.

zeigt die in Abb. 2 Bl. 52 dargestellte Station City Hall, die an dem unter den andern Gleisen durchführenden Schleifengleis liegt und wegen der großen Tiefe eine gewölbte Decke erhalten hat. Das in rotem Stein ausgeführte Gewölbe ist durch dunkler getönte Gurtbogen reich gegliedert und in einzelnen Feldern durch kuppelartige Ausbauten mit Oberlicht wirkungsvoll unterbrochen, wodurch eine sehr malerische Wirkung entsteht, und man könnte eher glauben, in einer weihevollen Kirche zu sein als in einer Stadtbahnstation.



Abb. 16. Tiefbahn-Haltestelle.

Während die Lokalzughaltestellen der Stammlinie möglichst dicht unter Straßenoberfläche liegen, mußten die Schnellzugstationen nach Text-Abb. 12 u. 13 soweit gesenkt werden, daß genügend Höhe entstand, um eine Querbrücke über den Gleisen anordnen zu können. Bei dieser zweistöckigen Anordnung münden die Treppen von der Straße auf je einen seitlich von den beiden Lokalzuggleisen liegenden Vorraum, in dem sich die Fahrkartenausgabe und Sperre befinden. Von hier führt die Querbrücke über die Gleise hinweg zu dem andern Vorraum, und von ihr aus führen weitere Treppen zu den Bahnsteigen hinunter. Wo noch ein besonderer Außenbahnsteig für Lokalzüge angeordnet ist, ist dieser durch eine Treppe mit dem Vorraum unmittelbar verbunden.

Einzelne Stationen sind gegen die freie Strecke mit Rampenstrecken von $20\,^0/_{00} = 1:50$ erhöht, um wie bei den Londoner Untergrundbahnen die lebendige Kraft beim Einfahren in Hebung umzusetzen, die bei der Ausfahrt wieder zur Beschleunigung nutzbar gemacht wird.

Die Haltestellen der Hochbahnstrecken liegen alle an dreigleisigen Linien und haben aus den oben erörterten Gründen Außensteige erhalten. Diese werden, wie Abb. 1 u. 2 Bl. 51 zeigen, von leichten Gitterträgern unterstützt und haben hölzernen Belag. Sie sind mit leichten Hallen überdacht, die in der Regel einstützig aus Eisen erbaut sind und Holzbedachung haben. Die in den genannten Abbildungen dargestellte Haltestelle liegt an dem Manhettan-Viadukt und erstreckt sich auch über die oben erwähnte Zweigelenkbogen-Brücke.

V. Schlußbemerkungen.

Das Kraftwerk liegt zwischen der 58. und 59. Straße und, wie aus Abb. 2 Bl. 50 zu ersehen ist, bezüglich der Nord-Süd-Richtung ziemlich nahe dem Schwerpunkte des Kraftbedarfes, für die Ost-Westlinie ließ sich dies aber nicht erreichen, da im Innern der Stadt die Grundstücke zu teuer sind und eine möglichst nahe Lage am Wasser wegen der Kohlenzufuhr wirtschaftlich sehr erwünscht ist. Das mehrgeschossige Krafthaus nimmt einen ganzen Häuserblock von 210 m Länge und 180 m Breite ein und ist wie in Amerika üblich, mit eisernen Trageteilen und steinernen Füllungswänden erbaut. Man rechnete zunächst mit einer erforderlichen Leistung von 90000 PS, erhöhte sie aber, nachdem die Seitenlinie nach Brooklyn beschlossen war, auf 132000 PS. Es sind zunächst 52 Dampfkessel und 8 Maschinen aufgestellt, die Wechselstrom von 11000 Volt Spannung liefern. Dieser wird in acht Unterstationen in Gleichstrom von 550 Volt umgewandelt.

Die zunächst bestellten Betriebsmittel (Text-Abb. 14 und Abb. 13 bis 15 Bl. 51) bestehen aus 340 Trieb- und 160 Beiwagen. Sie zeigen die in Amerika im Stadtverkehr meist übliche, auch bei der Central Londonbahn angewendete Grundrißform mit Längssitzen an den beiden Wagenenden und Quersitzen in der Mitte. Hierdurch werden in der Mitte einige ruhige Plätze gewonnen, in denen die Reisenden ungestört von den Ein- und Aussteigenden sitzen können, während zwischen den Längssitzen viel Raum für Stehplätze

entsteht. So bestechend dieser Grundriß auch erscheinen mag, so hat er doch den großen Nachteil, daß immer nur zwei Türen zum Ein- und Aussteigen zur Verfügung stehen, und man muß sich wundern, daß nach langen Erwägungen diese Form gewählt worden ist, obwohl doch gerade auf sie die bösen Zustände zurückzuführen sind, die auf den Neuyorker Hochbahnen in den verkehrstarken Stunden herrschen; hat man doch in Amerika selbst schon mit der Zwei-Türen-Form gebrochen; auf der Stadtbahn in Boston haben die Wagen drei Türen, zwei an den Enden, eine in der Mitte, und die Illinois-Central-Bahn hat jetzt für den Vorortverkehr Chicagos einen der deutschen Form sehr ähnlichen Grundriß mit vielen Seitentüren, Quersitzen und schmalen inneren Seitengängen gewählt.[9])

An der Spitze der gesamten Bauverwaltung steht William Barcley Parsons, der Ober-Ingenieur des Schnellverkehr-Ausschusses. Ihm ist das Konstruktions-Bureau unterstellt, in dem sämtliche Entwürfe zu allen Bauausführungen, auch zu den vorübergehenden und den Nebenarbeiten, aufgestellt werden. Die örtliche Leitung und Überwachung der Bauausführung ist fünf Abteilungs-Baumeistern übertragen, denen je zwei Vertreter und sechs Ingenieure beigegeben sind. Ein besonderes Abnahmeamt überwacht die Güte und Anlieferung aller Baustoffe und hat zu diesem Zweck mehrere Zweigstellen bei den Stahlwerken und Zementfabriken errichtet. Zwölf Beamte sind ständig damit beschäftigt, durch genaue Aufschreibungen über die tatsächlichen Aufwendungen von Baustoffen und Arbeitszeit genaue Unterlagen zu schaffen, um die wirklichen Einzelbaukosten ermitteln zu können. Auch eine photographische Abteilung ist vorhanden und ständig bemüht, alle wichtigen Bauausführungen der Mit- und Nachwelt zu erhalten. — Der Unternehmer hat den Bau in fünfzehn Abteilungen geteilt und im Durchschnitt ständig 10000 Arbeiter beschäftigt.

Die vorstehenden Mitteilungen verdanken wir vor allem Herrn Parsons; mit der Freimütigkeit und Liebenswürdigkeit, die den Amerikaner so auszeichnet, ließ er uns in alle Pläne Einsicht nehmen und von allen, die wir wünschten, Abzüge machen, ließ sogar eine Reihe von Photographien besonders für uns aufnehmen und erläuterte bei den Besichtigungen der einzelnen Baustellen alle Bauausführungen in erschöpfendster Weise; ihm sei daher auch an dieser Stelle unser wärmster Dank ausgesprochen.

9) Vgl. Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen. 1903. II. Hälfte. Nr. 75.

Das Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen.

Eine Talsperren- und Wasserkraftanlage.

Vom Wasserbauinspektor Mattern in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 30 bis 34 im Atlas.)

(Fortsetzung statt Schluß.)

f) Die Mörtelbereitung.

Für die Mörtelmischung mit Maschinen haben an den rheinisch-westfälischen Talsperren bisher zwei Arten von Mischtrommeln Verwendung gefunden: solche mit lotrechter und solche mit wagerechter Achse. Die ersteren haben wagerechte, mit Zinken besetzte Arme, die letzteren kommen hauptsächlich in der Anordnung vor, daß die an zwei wagerechten Achsen befestigten Arme, welche innerhalb einer Trommel sitzen, annähernd zur Hälfte übereinander greifen. Welche von den beiden Arten ist die vorteilhaftere?

Bei den lotrecht gestellten Trommeln wird im allgemeinen Sand und Traß von Hand vorgemischt und sodann dieses Gemenge zugleich mit dem Kalk der Mischtrommel zugeführt. Der fertige Mörtel fließt aus der Trommel ununterbrochen aus, während beim Einlauf, um das vorgeschriebene Mischungsverhältnis zu wahren, jede Mischung in sich abgeschlossen ist. Bei den wagerecht liegenden Trommeln wird entweder Traß und Kalk zunächst vorgemischt und dann der Sand nach und nach zugesetzt, oder es werden alle drei Bestandteile zugleich in den Trichter geschüttet. Jede Mischung findet von Anfang bis zu Ende für sich statt. Hierin liegt der kennzeichnende Unterschied der beiden Zubereitungsarten. Das Endergebnis d. h. die Gleichartigkeit des Gemenges ist in beiden Fällen als dasselbe anzusehen. Beide Maschinenarten liefern einen durchaus guten und innig gemischten Mörtel von gleichmäßiger Farbe, und die mit Mörtel aus diesen Verfahren in einigen Versuchsreihen angefertigten Probekörper ließen in ihrer Zugfestigkeit einen Unterschied nicht erkennen. Man möchte hiernach annehmen, daß die Reihenfolge, in der die drei Bestandteile Kalk, Traß und Sand zueinander geführt werden, praktisch ohne Einfluß auf die spätere Festigkeit ist, wenn zwar die vorherige Mischung von Kalk und Traß das mehr naturgemäße Verfahren ist.

Die Kosten stellen sich bei dem Mischverfahren in den Maschinen mit wagerechten Achsen wesentlich billiger. Das Vormischen von Sand und Traß bei den senkrechten Trommeln erfordert für jede Maschine bei rund 50 cbm Mörtel als Tagesleistung etwa sechs Mann. Bringt man den Tagelohn mit 3,50 ℳ in Ansatz, so ergibt dies 21 ℳ Kosten. Bei den wagerechten Trommeln fällt das Vormischen von Hand fort. Hier können also die oben angegebenen 21 ℳ täglich erspart werden, ohne daß ein größerer Kraftaufwand der Maschine erforderlich wird. Überdies gestaltet sich der Betrieb bei wagerechten Trommeln sehr einfach und glatt. Der Raum der Trockenmischbühne erübrigt sich, ein Umstand, der bei den an den Berghängen sehr beengten Platzverhältnissen von Wichtigkeit ist, und man vermeidet die bei dem Vormischen von Hand lästige Staubentwicklung. Die wagerechten Trommeln haben daher für die Traßmörtelbereitung mancherlei Vorzüge vor der anderen Maschinenart. Kollergänge sind bei den rheinisch-westfälischen Talsperrenbauten bisher nicht zur Anwendung gekommen. Diese Maschinen dürften auch nur dann geboten sein, wenn der Traß in Stücken zur Baustelle angeliefert wird und seine Mahlung, nachdem die Zerkleinerung

zu Schottergröße in Steinbrechern erfolgt ist, mit der Mörtelbereitung in den Kollergängen geschieht.

In der Mörtelanlage stellt sich eine bedeutsame Stelle des gesamten Baubetriebes dar, deren jederzeit sicheres Arbeiten von hohem Wert für einen geordneten Verlauf der Mauerung ist. Die Anlage muß darum auf festem Unterbau, am besten gemauertem Grundwerk errichtet werden. Man muß bedenken, daß die Einrichtung meist mehrere Jahre zu überdauern hat und daß die Belastung der Maschinen bei der steifen Mörtelverarbeitung eine starke ist. Bei nicht genügend sicherer Unterstützung entstehen leicht zitternde Bewegungen der Gerüste, und die Folgen davon sind Brüche in den Zahnrädern oder sonstige Schäden. Das zieht kostspielige und empfindliche Störungen im Mauerbetriebe nach sich, da auf der Mauer ständig eine große Anzahl von Maurern auf die Zufuhr frischen Mörtels harrt. Aus diesem Grunde erscheint es auch geboten für je 2 bis 3 Mörtelmaschinen eine Ersatzmaschine aufzustellen.

Der Kalk mußte, wie oben bemerkt, vier Wochen in der Grube abgelöscht gelagert haben. Über den durch diese Forderung bedingten Bestand hinaus empfiehlt es sich, um Schwankungen in der Materialienzufuhr auszugleichen, einen Vorrat von etwa 25 vH. an Kalk auf der Baustelle für den Notfall bereit zu halten. Der Stückkalk hält eine längere Lagerung nicht aus; schon nach etwa 10 bis 14 Tagen zerfällt er auch in trocken gehaltenen Schuppen zu Pulver, indem er bei diesem Vorgange des langsamen Ablöschens an der Luft Kohlensäure aufnimmt und zu kohlensaurem Kalk abbindet. Seine Verwertbarkeit für die Mörtelbereitung ist damit ausgeschlossen, so daß unliebsame Verluste entstehen. Längere Lagerung in den Gruben schadet dem abgelöschten Kalk nichts; nur wenn der Kalk etwas hydraulisch ist, wird er dann leicht bröcklig. Es ist daher zweckmäßig, den Kalkvorrat in abgelöschtem Zustande zu halten. Die Mehrkosten für die Schaffung eines vergrößerten Grubeninhaltes werden durch Vermeidung der erwähnten Nachteile und die Annehmlichkeiten eines gleichmäßigen Betriebes bald ausgeglichen.

Das Ablöschen des Kalkes ist eine wichtige Sache, und es müssen damit durchaus sachverständige, mit der Natur des Kalkes vertraute Leute beauftragt sein. Ersparnisse an Lohn bringen hier mancherlei Schaden mit sich, wenn schlecht oder ungenügend abgelöschter Kalk später nicht verwendet werden kann. Maschinen-, im besonderen elektromotorischer Betrieb ist in neuerer Zeit mehrfach mit Vorteil zur Anwendung gekommen.

Die Mörtelmischungen wurden in einer Größe von 0,8 cbm hergestellt. Dabei ergaben $1 + 1^1/_2 + 1^3/_4 = 4^1/_4$ Raumteile an Kalk, Traß und Sand 3,25 Raumteile Mörtel. Der grobe, ungesiebte, aus dem Strome gebaggerte Rheinsand enthielt etwa 28 vH. Hohlraum; demgegenüber standen $1 + 1^1/_2 = 2^1/_2$ Raumteile an Kittstoff, so daß ein reichlicher Überschuß an Bindestoff vorhanden war.

Die Mörtelbereitung mit Maschinen ist im allgemeinen selbst auf großen Baustellen nur für den Hauptbedarf des Mauerwerks üblich. Alle übrigen in geringeren Mengen gebrauchten Mörtel wie z. B. für den Verputz an der Wasserseite, Verblendung an der Luftseite, Stollenabmauerung u. a. m. werden in der Regel von Hand bereitet. Von Einfluß auf diese Herstellungsweise ist der Umstand, daß für diese Mörtel meist nur ein vorübergehender, in Zeitabschnitten sich wiederholender Bedarf eintritt.

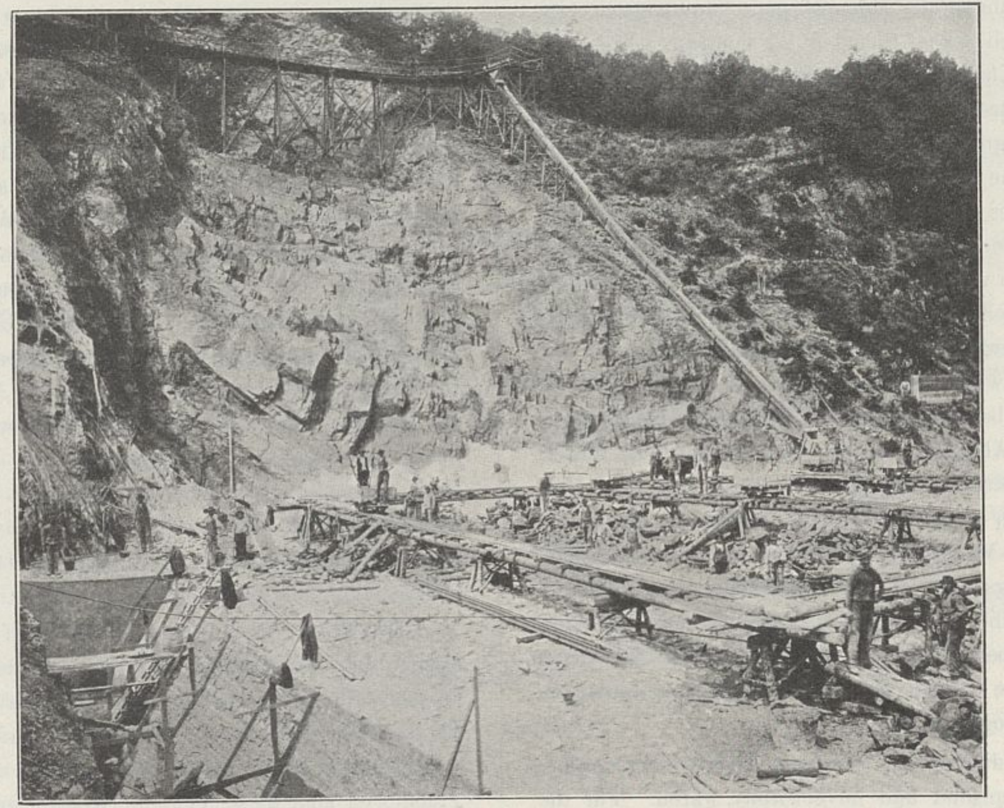


Abb. 10. Mauerarbeiten an der großen Talsperre.

Verschiedene Jahreszeit, das Erfordernis schneller oder langsamer Erhärtung, der Festigkeit und Dichtigkeit und manche anderen Rücksichten können bestimmend für die Wahl der verschiedenen Bindemittel und Mischungsverhältnisse sein, die in den einzelnen Teilen eines großen Bauwerks Verwendung finden. Die Erforschung sowohl der zu stellenden Bedingungen wie der Mörtelstoffe, welche sie erfüllen sollen, ist von großem Interesse und von wirtschaftlicher Bedeutung, da der Mörtel im Mauerwerk einen teuren Bestandteil bildet und bei einer Massenausführung den Gesamtpreis stark beeinflußt. Wenn also einerseits die Wahl der dem Zwecke angepaßten richtigen Mörtelmischungen sehr erwünscht ist, so muß doch anderseits die Rücksicht auf die praktische Durchführbarkeit in einem lebhaften Baubetriebe, wo die Absicht, welche mit der peinlichen Auswahl der Mischungsverhältnisse verfolgt wird, leicht durch mancherlei Zufälligkeiten vereitelt werden kann, eine gewisse Mäßigung auferlegen, zumal da wenig voneinander abweichende Mischungsverhältnisse in ihrer Festigkeit, in ihrem sonstigen

Verhalten und in ihren Kosten meist nur unbedeutende Unterschiede aufweisen.

g) Die Mauerarbeiten.

Die Mauerung macht beim Bau einer Talsperre das Wesen des Bauvorganges aus. Es soll hier ein Mauerkörper geschaffen werden, der einerseits die statischen Bedingungen der Konstruktion erfüllt und anderseits große Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit gewährleistet. Welche Bauwerke haben so eigne Anforderungen zu erfüllen, wie die Sperrmauern! Einzeln stehende Mauern, sind sie den Einflüssen und Angriffen der Witterung frei ausgesetzt. Die Schwankungen der Wärme bringen eine ständige Veränderung des Rauminhalts mit sich, die zusammen mit dem wechselnden Wasserdruck aus dem Becken zu Bewegungen des Mauerkörpers Veranlassung gibt, die er ertragen soll, ohne Schaden zu nehmen. Eine Talsperre muß daher hinsichtlich Baustoffe und Arbeit ausgesuchte Eigenschaften besitzen. Nun aber geht der Umfang der Mauerarbeiten ins große. Es findet ein Massenbetrieb statt, und darin liegt eine gewisse Gefahr für die Güte der Ausführung. Denn es greift leicht eine gleichgültige Auffassung Platz, indem man in einem so großen Baukörper dem einzelnen Teile weniger Bedeutung beimißt. Es ist zwar richtig, daß die große innere Masse der Sperrmauer in erster Linie als Gewicht wirkt und ihre Festigkeit weniger in Anspruch genommen wird. Allein die Dauerhaftigkeit und die Sicherheit, welche bei der Anlage von Talsperren im Interesse des Baues und der Allgemeinheit gewahrt werden muß, fordert ein gleiches Maß der Sorgfalt für alle Teile und darf Verfehlungen auch im einzelnen nicht belanglos erscheinen lassen. Eine eigne Mauertechnik hat sich hier herausgebildet, und die Ausführungsweise an der Sengbachtalsperre (Abb. 2 Bl. 33 und Text-Abb. 10) dürfte aus dem Grunde allgemeineres Interesse haben, weil sie den Vorgang der Mauerung veranschaulicht, wie solcher sich bei den meisten deutschen Ausführungen vollzogen hat.

Zur Mauerung durften nur Bruchsteine verwendet werden, die durchaus fest, gesund und unverwittert waren. Für die Außenflächen wurde besondere Auswahl getroffen. Bruchsteine, deren Stärke weniger als 10 cm und deren Länge weniger als etwa 30 cm betrug, wurden im allgemeinen nicht vermauert. Solche Stücke sind zum Auszwicken der Fugen zwischen größeren Steinen benutzt worden. Anderseits durfte die Größe $^1/_2$ cbm nicht wesentlich überschreiten. So große Steine fanden sich nur wenige vor, da das Gestein der Brüche im allgemeinen in mittlerer, an sich aber von wechselnder Größe brach. Steine, welche tief in das Innere verlaufende Spaltflächen und Risse zeigten, wurden in diesem Zustand nicht eingemauert. Wenn der Stein sonst gesund und fest war, so war es nötig, ihn zu spalten; dann konnten die Stücke einzeln eingebaut werden. Einen guten Anhalt für die Beurteilung des Gesteins erhält man dadurch, daß die Steine im Herbst auf Lager gebracht werden und allen Witterungseinflüssen frei ausgesetzt überwintern. Da scheidet sich unter der wechselnden Einwirkung von Frost, Wärme, Sonnenschein und Nässe bald das kernige und wetterfeste von dem minderwertigen Material. Die Reinigung der Steine geschah in den Brüchen und auf den Lagerplätzen mittels Wasserstrahls von 3 bis 4 Atm. Druck bei gleichzeitiger Anwendung von Stahlbürsten, um eine für das Anhaften des Mörtels erforderliche reine Fläche zu erzielen.

Von Bedeutung ist die Frage der Größe der im Mauerwerk einer Talsperre zu verwendenden Steine. Gut ist es, wenn Steine von verschiedener Größe zur Verfügung stehen, um nach allen Seiten ein festes Ineinandergreifen, ein gutes Anpassen der Steine aneinander und eine möglichste Enge der Fugen zu erzielen. Kleine Steine ergeben leicht ein „schwimmendes“ Mauerwerk, da die gegenseitige Verspannung weniger gut ist, und für eine möglichst feste Lagerung ist ein sehr steifer Mörtel erforderlich. Die Ausführung erfolgt dann unter Umständen besser in Form der Betonierung als in Mauerung. Bei Verwendung sehr großer und regelmäßig gestalteter Steine kann zwar an Mörtel gespart werden, wodurch der doppelte Vorteil erreicht wird, daß das Mauerwerk billiger und zugleich schwerer wird als bei kleinen Steinen. Dieser Umstand hat bei den bedeutenden Massen einer Talsperre immerhin schon wesentlichen Einfluß auf die Baukosten. Anderseits besteht hierbei die Schwierigkeit des Verlegens. Die großen Steine werden auf dem Mauerwerk gewälzt oder gekantet, oft auf mehrere Meter weit ohne schützende Holzunterlage. Es entstehen dabei leicht Verdrückungen und Risse, und schon vermauerte Steine lösen sich von ihrem Lager ab. Ein weiterer Übelstand großer und unregelmäßiger Steine besteht darin, daß bei ihrer Einmauerung volle Fugen schwieriger zu erzielen sind. Um diese Mißstände, die geeignet sind, die Güte des Mauerwerks zu beeinträchtigen, zu vermeiden, erscheint dort, wo die Steine von Hand, ohne Anwendung von Kranen, vermauert werden, eine solche Größe vorteilhaft, die es ermöglicht, daß die Steine von zwei Leuten bequem bewegt werden können. Das ist zudem für die Handhabung auf der Baustelle ein praktischer Maßstab.

Der Mörtel der Mauerung wurde steif angemacht und enthielt in der Verarbeitung 16 bis 17 vH. des Mörtelgewichts an Wasser. Ein Übermaß von Feuchtigkeit wirkt insofern schädlich, als das Wasser aus der Mauer heraustritt und die dadurch entstehenden Poren zu Undichtigkeiten Anlaß geben. Für Traßmörtel sind diese Nachteile weniger zu fürchten, da er im Mauerinnern noch einige Zeit nach der Vermauerung eine gewisse plastische Beschaffenheit behält, so daß sich der Mörtel durch die Last der nächst aufgemauerten Schichten zusammendrückt. Aus letzterem Grunde erscheint ein flotter Baufortgang geeignet, eine größere Geschlossenheit des Mauerwerks herbeizuführen. Zu trocken darf der Mörtel anderseits auch nicht sein; er muß „kellegerecht“ sein. Denn die Durcharbeitung zu trocknen Mörtels zu einem gleichmäßigen Gemenge ist selbst in guten Maschinen kaum zu erreichen. Überdies entsteht die Gefahr, daß die Masse pulvrig wird und ihre Geschmeidigkeit aufhört. Dies führt aber zu schlechter Mauerung. Es ist demnach der Wassergehalt des Mörtels durch die Grenzbestimmungen festgelegt: er muß eine geschmeidige Beschaffenheit besitzen, anderseits aber nicht so feucht sein, daß bedenkliche Verdrückungen entstehen könnten und die Erhärtung des Mörtels zu sehr in die Länge gezogen wird. Der Traßmörtel besitzt im allgemeinen diese Eigenschaften, wenn er mit dem erwähnten Wassergehalt angemacht wird.

Der fertige Mörtel blieb in den Bütten über Nacht stehen, soweit seine Aufarbeitung am Herstellungstage nicht erfolgte.

Nur am Schlusse der Arbeitswoche wurde der Vorrat aufgebraucht. Es hat kein Bedenken, wie Festigkeitsversuche zeigten (vgl. S. 319 unter c), den Traßmörtel bis zum nächsten Tage stehen zu lassen, da er dadurch an seiner Abbindefähigkeit nichts einbüßt. Dies ist eine ungemeine Erleichterung für den Baubetrieb, die bei Verwendung von schnell erhärtendem Mörtel fortfällt. Derselbe günstige Umstand bringt es mit sich, daß Arbeitsunterbrechungen wegen plötzlich eintretender Regenfälle nicht mit Geldverlusten verknüpft sind.

Die Mauerung geschah mit vollen Fugen, um ein festes, schweres und dichtes Mauerwerk zu erzielen. Die Fugen mußten enge sein; doch durfte naturgemäß nicht Stein an Stein liegen, wodurch eine Wasserader entstanden wäre. Zudem gibt eine große Anhäufung von Mörtel leicht zur Rissebildung Veranlassung. Größere klaffende Fugen zwischen den unebenen und unregelmäßigen Bruchsteinen wurden, nachdem der Raum mit Mörtel angefüllt war, durch Hineindrücken kleinerer Steine, sogenannter „Zwicker", ausgefüllt. Die Oberflächen der Schichten blieben uneben, wie sich dies bei einem zwanglosen Arbeitsvorgange mit unregelmäßig geformten Steinen von selbst ergibt. Hierdurch wurde für die nächste Schicht ein festes Eingreifen und ein guter Verband mit dem alten Mauerwerk herbeigeführt.

Das Mauerwerk ist in Lagen von 1 bis 1,5 m Höhe ausgeführt worden. Dabei mußten im Verbande abgesetzte, nicht zu steile Abtreppungen (etwa 1:1) für den Anschluß des Nachbarmauerwerks stehen bleiben. Die Ausführungen der Schichten nahm von der Wasserseite ihren Anfang. Die Lagen waren auf etwa $^1/_3$ der Mauerdicke zunächst wagerecht, um dann in dem übrigen Zweidrittel nach der Luftseite hin anzusteigen. Dies sollte bezwecken, daß die einzelnen Schichten eine zur jeweiligen Richtung der Drucklinie annähernd normale Lage erhielten. Die Ansteigung war kreisförmig derartig, daß eine Tangente, die im Schnittpunkt des Bogens mit der Drucklinie bei gefülltem Becken errichtet wurde, mit der Wagerechten einen Winkel von etwa 20° bildete. Für die Ausführung wurde die Schichtenlage durch Aufzeichnung an den beiderseitigen Hängen sichtbar gemacht.

Vorbedingung für die gute Erhärtung des Traßmörtels ist, daß er die hierfür erforderliche Feuchtigkeit besitzt. Diese ist im Mörtel, der mit 16 bis 17 vH. Wassergehalt angemacht wird, in mehr als notwendigem Maße vorhanden.*) Das Wasser gelangt beim Vermauern in das Innere des Mauerwerks und bleibt dem Mörtel erhalten, da die Verdunstung in dem großen Mauerkörper nur ungemein wenig vor sich geht und überdies durch künstliche Anfeuchtung oder Regen ständig ergänzt wird. Um den Mörtel der Oberfläche vor dem Austrocknen zu schützen, wurde die Mauer während der Ausführung täglich mehrmals von oben her und in den Außenflächen durch Überbrausen reichlich genäßt. Die Häufigkeit und Stärke, mit der dies zu erfolgen hatte, hing von der Witterung ab.

Der Fortschritt der Mauerung ist außer von der jeweiligen Größe der Maueroberfläche auch von der zu beschäftigenden Maurerzahl abhängig. Jeder Maurer verlangt ein gewisses Arbeitsfeld und Beweglichkeit, und es gibt eine Grenze, über die hinaus nicht Leute auf der Maueroberfläche tätig sein dürfen, wenn nicht Verwirrung in den Baubetrieb kommen soll. Es zeigte sich, daß auf den Kopf 10 bis 12 qm Arbeitsfläche als Mindestmaß entfallen mußten. In dieser Einheitszahl ist der Anteil für die Fördergleise, Steinpritschen und Mörtelbütten mit eingerechnet. Die Mauer erschien dann stark besetzt. Dieses Maß für die Arbeitsfläche läßt sich, wie bereits an anderer Stelle erörtert, noch etwas herabmindern, also die Maurerzahl vergrößern, durch Beseitigung der Fördergleise und Verlegung derselben auf ein Gerüst außerhalb der Mauer.

Um ein etwaiges Setzen des Mauerwerks festzustellen, wurden an den Außenflächen in 3 bis 4 m Höhenabstand verteilt eiserne Marken, bestehend aus Flacheisen von 20 cm Länge und 5 cm Breite mit kegelförmiger Spitze eingemauert. Ihre Beobachtung geschah durch Nivellieren sowie durch unmittelbares Messen an einigen lotrecht übereinander angebrachten Marken. Bewegungen dieser Marken konnten jedoch selbst zu Zeiten lebhaften Baubetriebes nicht festgestellt werden. Im allgemeinen tritt an diesen Außenflächen eine schnellere Erhärtung des Traßmörtels als im Mauerinnern ein.

Die Abbindung und Erhärtung des Mörtels einer Talsperre ist an die besonderen Bedingungen gebunden, unter denen sich dieser Vorgang in einem so großen Massiv vollzieht, wobei auch die Arbeitsweise der Bauausführung einen wesentlichen Einfluß ausübt. Schon in Probemauerklötzen, deren Abmessungen sich in bescheidenen Grenzen halten, geht die Erhärtung unter nicht ganz denselben Umständen vor sich, wie in der Sperrmauer selbst. In weit erhöhtem Maße aber ist dies der Fall bei den kleinen Körpern, wie sie zu Festigkeitsversuchen hergestellt werden. Diese stellen gewissermaßen nur ein Differential dar gegenüber jener gewaltigen Mauermasse der Talsperre. Die Mörtelbereitung, Verarbeitung und Erhärtung geschieht bei den Versuchen in anderer Weise und unter anderen Bedingungen wie im Baubetriebe. Somit fallen oft die Voraussetzungen für die Schlußfolgerungen, welche l e d i g l i c h aus solchen Laboratoriumsversuchen hergeleitet werden, und die Ergebnisse bleiben angreifbar. Immerhin werden durch sie der Praxis Richtschnur und schätzbare Aufschlüsse gegeben. Aber die e n d g ü l t i g e Erkenntnis kann im allgemeinen nur da gewonnen werden, wo sich die Aufbereitung und Verarbeitung des Mörtels in den Formen und unter den Bedingungen der tatsächlichen Ausführung vollzieht. Dieser Ort ist die Baustelle. Hier, im Z u s a m m e n w i r k e n von Beobachtungen des Bauvorganges mit Versuchen an Probekörpern über Festigkeit, Dichtigkeit u. a. m. können eindeutige Ergebnisse erzielt werden. Solche Beobachtungen in der Bauausführung sind allerdings mühsam, und nur aus einer Reihe von Einzelerscheinungen kann man durch logische Verbindung Gesetzmäßigkeiten feststellen. Dies erheischt den genauesten Verfolg des Mörtel- und Mauerbetriebes und ein eingehendes Studium, wie der Mörtel unter den verschiedensten Einflüssen — Arbeitsweise, Wärme, Kälte, Trockenheit, Nässe, Erschütterungen u. a. m. — abbindet und welche Maßnahmen zu treffen sind, um die beste Erhärtung zu begünstigen. Maueraufbrüche in den verschiedenen Zeiten an Probemauerwerk wie im Mauerwerk der Talsperre selbst und die Wahrnehmung vieler kleiner Anzeichen und Vorgänge führen die ständige Beobachtung schrittweise vorwärts. Bei großen

*) Vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung 1903. S. 92.

Bauausführungen sollte darum diesem Gegenstande die vollste Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Das statistische Ergebnis der Mauerarbeiten an der Sengbachtalsperre läßt sich in folgenden Angaben zusammenfassen.

Die Gesamtmauermasse im eigentlichen Mauerkörper der Sperrmauer beträgt 62550 cbm, im ganzen einschl. der Nebenarbeiten für die Kaskade, Entnahmeschächte und Schieberhäuser 65930 cbm. Außerdem wurden für die Gründungsarbeiten 1130 cbm Beton verwandt. Zur Herstellung der ersteren Mauermasse sind in zwei Sommern 319 Arbeitstage

Abb. 11.
Baufortgang an der Talsperre im Sengbachtale bezogen auf den eigentlichen Mauerkörper ohne Nebenanlagen.
Massenquerschnitt.

gebraucht worden (Text-Abb. 11). Die Mauerleistung erreichte ihren Höhepunkt in dem stark beschleunigten Betriebe des zweiten Bausommers (1902) mit 46100 cbm; die monatliche Höchstleistung waren rund 8000 cbm. Für die ganze Bauzeit ergibt sich eine durchschnittliche Tagesleistung von rd. 206 cbm, während diese in einzelnen Abschnitten des zweiten Bausommers bis zu 310 cbm gesteigert werden konnte. Das Anwachsen der Mauer betrug in der mittleren Höhe bei geräumiger Arbeitsfläche 0,75 bis 0,85 m in der Woche. Gegen die Mauerkrone hin wurde ein wöchentlicher Baufortschritt von 1,25 bis 1,30 m der Höhe nach erreicht. Im Mittel wurde mit annähernd 100 Maurern gearbeitet, während ihre Zahl zeitweise bis 140 an der Sperrmauer selbst und bis etwa 160 einschl. aller Nebenarbeiten betrug. Als durchschnittlich tägliche Leistung eines Maurers ergibt sich aus der zweijährigen Bauzeit 2,1 cbm Mauerwerk. Unter günstigen Umständen ist sie bis zu 2,6 cbm gestiegen. Außerdem entfielen auf die Fertigstellung von 1 cbm Mauerwerk noch der Aufwand von 0,22 Handlangertagewerk für den Stein- und Mörteltransport auf der Mauer und sonstige Nebenarbeiten und 0,9 Steinbrucharbeitertagewerk. In letzterer Arbeit ist das Steinebrechen, Reinigen und die Förderung zur Mauer einbegriffen. Die Gesamtzahl der Arbeiter während der dreijährigen Bauzeit schwankte zwischen 600 und 700 Mann. Der Mörtelverbrauch im ganzen stellte sich auf 40,8 vH. In dem lebhaften Betrieb des zweiten Bausommers (1902) mußten täglich im Durchschnitt etwa 114 cbm, an einzelnen Tagen jedoch bis zu 150 cbm Mörtel hergestellt werden. Die durchschnittliche Zahl der Arbeitstage im Monat betrug 24.

Bei Aushebung der Baugrube der Sperrmauer wurden 11700 cbm Erd- und Geröllmassen und 22000 cbm Fels bewegt.

h) Abdichten des Mauerfußes und Verputz an der Wasserseite der Sperrmauer.

Die wegen des Ausbruchs der Baugrube unvermeidliche Lücke zwischen der Mauer und dem anstehenden Fels ist eine wunde Stelle, indem dieser Schlitz durch die eingebrachte Lehmschicht nur in unvollkommener Weise ausgefüllt wird, so daß bei gefülltem Becken das unter hohem Druck stehende Wasser bis an den Fuß der Mauer vordringen kann. Es ist ferner zu beachten, daß die Fuge zwischen Mauerwerk und Fels die Grenze zweier verschiedenartigen Körper bildet. Der Zusammenhang von Mauerwerk und Fels — herbeigeführt durch die kittende Masse des Mörtels — ist eine weniger gute, wie die Kohäsion dieser Massen in sich. Dazu kommt, daß die in jeder tiefen Baugrube meist vorhandenen Quellen leicht undichte Stellen und kleine Leerräume beim ersten Ansetzen des Mauerwerks herbeiführen. Wenn nun das Wasser bis an diese Fuge von der Wasserseite her vordringt, so wird der losere Zusammenhang zwischen Mauerwerk und Fels der Kraftwirkung des Auftriebs einen kleineren Widerstand entgegensetzen als der homogene Fels oder das in sich festverspannte Mauerwerk in irgend einem anderen Teile der Mauer. Darum ist es geboten, dieser Stelle besondere Sorgfalt zuzuwenden, und es ist von großem Wert für die Güte der hier vorzunehmenden Arbeiten, wenn die Lücke zwischen dem Mauerwerk und dem anstehenden Fels nicht zu enge ist. Es sollten hier wenigstens 1 bis $1\frac{1}{2}$ m Spielraum vorhanden sein. Wenn dabei etwas mehr Felsausbruch erfolgt, als für die Hochführung der Mauer an sich unbedingt nötig erscheint und dafür entsprechend mehr Dichtungsmaterial (Beton und Lehm) eingebracht werden muß, so wird diese Mehrausgabe reichlich aufgewogen durch den Vorteil, daß ein genügender Arbeitsraum ein sorgfältiges Arbeiten ermöglicht.

Für den Fuß der Solinger Sperrmauer geschah diese Abdichtung in folgender Weise (Abb. 8 Bl. 31). In der Sohle des Schlitzes zwischen Mauer und Fels ist nächst der Felswand ein 10 cm weites Muffentonrohr ohne Abdichtung der Muffen eingelegt, um das vom Hange rieselnde Wasser aufzufangen und abzuführen. Dieses Rohr wurde insoweit mit Beton eingehüllt, als erforderlich war, um eine trockne Lage für den aufzubringenden ersten Verputz zu erzielen. Der Beton erhielt Gefälle von der Mauer ab, so daß jede sich noch etwa ansammelnde Feuchtigkeit am Fels entlang ab-

ziehen konnte. Zur Herbeiführung möglichster Dichtigkeit ist hierbei Kiesbeton (1 Zement, $^1/_2$ Kalk, $^1/_2$ Traß, 4 Sand, 8 Feinkies) verwendet worden. Nach Erhärtung dieses Betons wurde die erste Putzlage aufgebracht und an der äußeren Mauerfläche hochgezogen. Auf diesem mit Siderosthen gestrichenen Putz liegt eine Betonlage von 50 cm Stärke von dem Mischungsverhältnis 1 Zement, $^1/_2$ Kalkbrei, $^1/_2$ Traß, 4 Sand und 7 Kleinschlag. Dieser Beton erhielt ebenfalls einen Verputz, der sich an jenen der aufgehenden Mauer anschloß. Diese doppelte Sicherung erwies sich bei den Arbeiten im Grunde noch insofern besonders vorteilhaft, als hier wegen der meist vorhandenen Feuchtigkeit sowohl der Verputz wie der Anstrich desselben durch die Nässe leiden. Die gleiche Ausführungsweise wurde an der Wasserseite bis hinauf zur Kronenhöhe beibehalten; doch waren an den Hängen die Abwässerungsrohre und die untere Lage Kiesbeton nicht nötig. Der erste Verputz griff hier unmittelbar auf den Fels am Mauerfuße hinüber.

An der Luftseite wurde das Mauerwerk, soweit der feste Fels anstand, etwa in 1 $^1/_2$ bis 2 m Höhe voll an die Felswand herangeführt. Wenn schon die rauhe und ausgezackte Sohle eine reiche Sicherheit gegen Verschieben der Mauer in der Richtung des Wasserdrucks bietet, so wird dadurch, daß sich der hintere Fuß der Mauer voll gegen den Fels stemmt, einer solchen Bewegung noch weiter entgegen gearbeitet.

Der Verputz an der Wasserseite ist für die Dichtigkeit der Sperrmauer ein sehr wesentliches Erfordernis. Denn das Mauerwerk für sich dicht herzustellen ist schwer, wenn überhaupt erreichbar, weil — abgesehen von etwaigen bei weniger guter Arbeit entstehenden Hohlräumen und wasserdurchlässigen Fugen — der Mörtel in der kellegerechten Verarbeitung nicht so geschlossen wird, als dies etwa bei der Herstellung von Probekörpern im Hammerapparat der Fall ist. Zu dem ist jeder Mörtel mehr oder weniger wasseraufnahmefähig. Er saugt das Wasser unter dem hohen Druck der Stauung auf und gibt es weiter, bis es an der Luftseite der Talsperre zum Vorschein kommt. Es empfiehlt sich daher, die Dichtigkeit einer Talsperre durch einen Verputz an der Wasserseite zu bewirken. Ohne einen solchen ausgeführte Mauern haben bisher meist Rieselungen gezeigt. Mit Rücksicht auf das feste Anhaften des Putzes auf der Mauerfläche ist es erwünscht, den Putz auf möglichst neues Mauerwerk aufzubringen. Im allgemeinen folgte die Putzarbeit dem Mauerfortschritt derart, daß sie um etwa 6 m unter der jeweiligen Maueroberfläche zurückblieb, wobei der Verputz in wagerechten Streifen von 1 $^1/_2$ bis 2 m Höhe aufgebracht wurde.

Nachdem der Verputz erhärtet und getrocknet war, ist er mit einem zweimaligen Siderosthenanstrich versehen worden. Dieser Anstrich hat den Zweck, alle noch etwa vorhandenen feinen Poren des Verputzes, die sich selbst bei sorgfältigster Ausführung nicht immer vermeiden lassen, zu schließen. Es kommt hierbei also darauf an, eine Masse zu verwenden, die sich möglichst in den Mörtel einsaugt und, indem sie fest anhaftet, eine geschlossene, abdichtende Haut bildet. Der Anstrich sollte bei Hitze nicht treiben und bei Kälte und Feuchtigkeit nicht abblättern. Zur Ermittlung der zweckmäßigsten Anstrichmasse wurden Versuche an Probeputzflächen vorgenommen, wobei zur Probe kamen: Asphaltlack, sowie eine Mischung von 1 Teil Holzzement und 2 Teilen Goudron und Siderosthen, letzteres in der Herstellungsart für Maueranstrich.

Der Asphaltlack bildete einen geschlossenen, ziemlich anhaftenden Anstrich; aber er blieb nur auf der Oberfläche; die Lage war sehr dünn, und ein Eindringen in die Poren fand nicht statt; etwaige kleine Leerräume wurden mit einer feinen Haut überzogen und abgedeckt. Da somit die Hohlräume nicht ausgefüllt wurden, war zu befürchten, daß ein so dünner Überzug nur wenig Widerstand gegen äußere Einflüsse leisten würde. Die ganze Anhaftung war eine äußerliche.

Der Anstrich mit der Holzzement- und Goudronmischung drang in alle Poren gut vor und sog sich auch in den Verputz bis einige Millimeter ein. Die Mischung mußte sehr heiß aufgebracht werden. Aber die Flüssigkeit, selbst unmittelbar vom Feuer genommen, kühlte sich auf dem Mauerwerk schnell ab, so daß die Masse dickflüssig und der Überzug stark wurde. Infolgedessen traten in der Sonnenwärme Sackungen ein, die zwar nicht ein Abreißen herbeiführten, aber klebrige Gehänge verursachten. Der Anstrich wurde nicht leicht hart; unter einer festen Oberfläche blieb eine schmierige Beschaffenheit bestehen. Die Anhaftung an dem glatten Putz war nicht vollkommen; man konnte den Anstrich vielfach abschälen. Überdies ist ein dauerndes Heißhalten der Masse in Kesseln durch loderndes Feuer für die Handhabung auf der Baustelle sehr unbequem.

Siderosthen bildete einen dünnen, gutgeschlossenen, öl- bezw. teerartigen Überzug, der mit der vorerwähnten Masse gemeinsam hatte, daß er in alle Poren und etwaigen Risse des Putzes sich voll einsog. Er wurde schnell fest und haftete gut.

Vorbedingung ist für alle drei Stoffe, daß der Anstrich auf trocknem Putz aufgebracht wird. Von feuchter Unterlage läßt sich derselbe abheben oder kommt überhaupt nicht zur Anhaftung; besonders ist dies bei Holzzement und Goudron der Fall. Siderosthen haftet noch am besten auch auf frischer und etwas feuchter Putzfläche, ein Umstand, der für die Arbeiten im Grunde und nach Regenwetter von großem Wert ist. Auch zeigte es sich, daß dieser Anstrich über Winter in den Flächen, die in dieser Zeit frei den Witterungseinflüssen ausgesetzt gewesen waren, sich gut gehalten hatte.

i) Die Winterabdeckung der Mauer.

Nachtfröste im Gebirge und besonders in den Tiefen der Täler treten im Herbst frühzeitig und oft plötzlich und unerwartet auf. Es ist die Frage, in welchem Zeitpunkt unter solchen Umständen die Mauerarbeiten bei Talsperrenausführungen eingestellt werden sollen. Es ist zwar erwiesen, daß der Traßmörtel bis zu einem gewissen Grade gegen die Einwirkungen des Frostes unempfindlich ist. Versuche mit gefrorenem Traßmörtel, der auftaute und wiederholt fror, zeigten eine merkbare Abnahme der Abbindefähigkeit wie der Festigkeit nicht. Doch konnte man im Mauerbetriebe wahrnehmen, daß Teile in der oberen Kruste des Mörtels nach dem Auftauen eine staubförmige Beschaffenheit besaßen und ihre Bindefähigkeit verloren hatten. Die Frostbeständigkeit des als Masse gefrorenen Mörtels ist also noch kein Beweis, daß nicht die äußeren Teile, die dem Frost und beim Auf-

tauen gleichzeitig der Verdunstung unterliegen und ihren Wassergehalt verlieren, Schaden nehmen. Im allgemeinen aber wird man bei geringen Nachtfrösten, die durch eine höhere Temperatur am Tage ausgeglichen werden, so daß ein Auftauen des Mörtels stattfindet, mit dem Mauern nicht gleich aufhören dürfen. Man wird so lange arbeiten können, als sich die mittlere Wärme noch einige Grad über Null hält. Auch ließen die Vorgänge im Sengbachtal erkennen, daß eine Abdeckung des frischen Mauerwerks mit Säcken nachhaltigen Schutz selbst bei stärkeren Nachtfrösten während einiger Zeit zu geben vermag. Leider ist es bei der großen Fläche der Mauer nicht möglich, sie insgesamt abzudecken, dies kann im allgemeinen nur bei den am letzten Tage hergestellten Teilen geschehen; die anderen zwei bis drei Tage alten Stellen bleiben dem Frost ausgesetzt. Im übrigen aber wird man sich vergegenwärtigen müssen, daß es wenig von Belang sein kann, ob die Mauerarbeiten im Spätherbst, wo bei der Kürze der Tage und bei der oft schlechten Witterung ohnehin wenig geleistet wird, noch um einige Tage länger fortgesetzt werden. Was machen die wenigen Hundert Kubikmeter Mauerwerk, die unter solchen Umständen noch geleistet werden, gegenüber der Gesamtmasse der Talsperre aus? Dazu kommt, daß unter solchen Umständen eine wesentliche Verteuerung gegenüber dem gewöhnlichen Betriebe in guter Jahreszeit entsteht. Diese Erwägungen sollten für unser Klima in Deutschland dahin führen, daß die Mauerung von Talsperren etwa am 1. November — ohne Rücksicht auf die waltende Witterung — eingestellt wird, wenn es sich nicht vielleicht nur um die letzten oberen Mauerteile handelt, von deren Ausführung die Fertigstellung der Gesamtanlage und Inbetriebnahme abhängt. Zu diesem Zeitpunkte sollte mit der Abdeckung, deren Herstellung immerhin 10 bis 14 Tage dauert, begonnen werden.

Die Winterabdeckung der Mauer (Text-Abb. 12 u. 13) in der durchschnittlichen Höhe von +117,60 N.N. geschah mit Sand

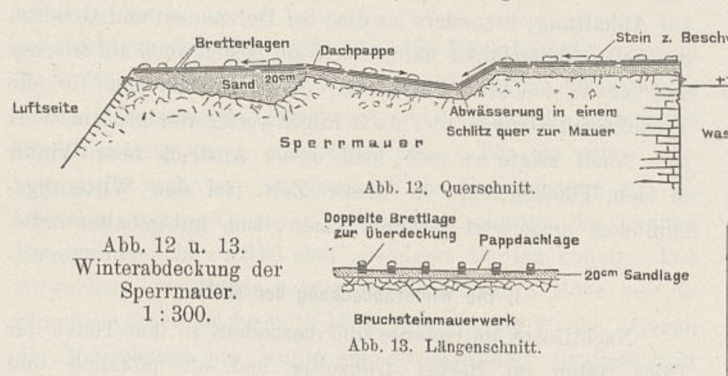


Abb. 12. Querschnitt.

Abb. 13. Längenschnitt.

Abb. 12 u. 13. Winterabdeckung der Sperrmauer. 1 : 300.

etwa 20 cm hoch, Brettern und einer Papplage, nachdem die Oberfläche vorher gereinigt und mit Stahlbürsten abgekehrt war. Eine Abgleichung des Mauerwerks war nicht angestrebt worden, sondern es wurde in voller Unregelmäßigkeit mit den Abtreppungen, wie sie der Stand der Arbeiten mit sich gebracht hatte, abgedeckt. In dieser Unregelmäßigkeit wurde gegenüber der Ausgleichung insofern ein Vorteil vermutet, als ein besserer Verband zwischen dem alten und späteren neuen Mauerwerk erhofft wurde. Eine derartige winterliche Unterbrechung gibt immerhin eine wunde Stelle ab; denn es findet zwischen altem und neuaufgebrachtem Mauerwerk nicht eine so innige Verbindung statt, wie bei gleichmäßig aufgeführtem Mauerwerk.

Die Reinigung der abgedeckten Mauer im Frühjahr 1902 erfolgte in der Weise, daß die Oberfläche mit Stahlbürsten und kräftigem Wasserstrahl gleichzeitig bearbeitet wurde, wodurch der Sand aus allen Fugen herausgekratzt und die Mauer wund geritzt wurde. Wo der Mörtel durch Frost gelitten hatte, wurde er mit eisernen Klammern und kleinen Spitzhämmern aus den Fugen gehackt, bis überall eine vollkommen reine und feste Mauerfläche erreicht war.

VIII. Der Stollen vom Sengbach- zum Wuppertale.

Der Stollen (Abb. 18 bis 21 Bl. 32) durchschneidet in einer graden Linie von 160 m Länge den Bergrücken, der das Sengbachtal vom Wuppertale trennt. Er liegt am unteren Ende der Rieselwiesen, etwa 4,50 m unter Geländehöhe im Sengbachtale. Durch die Tiefenlage des Sammelrohres der Wiesen wurde seine Sohlenlage bestimmt. Er nimmt drei Rohrleitungen auf: 1. die vom Vorbecken kommende 350 mm weite Trinkwasserleitung, 2. die 400 mm weite Trinkwasserleitung von den Rieselwiesen unterhalb der großen Talsperre und 3. die 700 mm weite Druckwasserleitung aus dem Hauptsammelbecken.

Zwischen den beiderseitig angebrachten Röhren ist ein mittlerer Gang vorhanden (Abb. 19 Bl. 32). Dieses Raumbedürfnis bedingte die Abmessungen des Ausbruchquerschnittes, der mit 2 m Breite und 2,20 m Höhe und rd. 5 cbm Felsausbruch auf 1 m Länge auf das knappste Maß eingeschränkt worden ist.

Das Lenneschiefergebirge ist im allgemeinen standfest, so daß die Ausmauerung des Stollens nur an einigen weniger guten Stellen erforderlich wurde. Die Mauerung, 38 cm stark, ist in Ziegeln in Zementtraßmörtel (1 Zement, $^1/_2$ Traß, 4 Sand) ausgeführt worden. Die Hohlräume zwischen den hinteren Flächen der Ausmauerung und dem Gebirge sind durch Steine fest ausgepackt worden, so daß eine unmittelbare Übertragung des Gebirgsdruckes stattfindet. Eine besondere Isolierung und Abdichtung ist nicht ausgeführt. Für Abwässerung ist durch Rohre von 50 mm Durchmesser gesorgt, die in den Wandungen dicht über der Sohle eingelegt sind. Die Stollensohle ist mit Stampfbeton (1 Zement, 3 Sand, 8 Kleinschlag) abgeglichen. Es ist Quergefälle nach einem mittleren Abzugsschlitz vorhanden, welcher durch eine Bohlenbahn auf eisernen Stützen langaus abgedeckt ist. Die beiden unteren Rohre sind auf Betonklötzen von etwa 20 cm Höhe in 2 m Entfernung, das obere 400 mm weite Rohr auf eisernen, zum Teil eingemauerten, zum Teil in den Fels einzementierten Konsolen verlegt worden. Die Rohre haben Muffendichtung. Die Abdichtung ist in gewöhnlicher Weise durch Vergießen mit Blei ausgeführt. Ausdehnungsvorrichtungen sind nicht vorhanden. Die Stollenmundlöcher sind abgeschlossen durch zwei Vorbauten in einfacher Ausstattung aus Ziegelmauerwerk, deren Dachdeckung aus Holzzement auf Schwemmsteinkappen zwischen eisernen Trägern besteht.

Bauausführung. Der Durchbruch des Stollens wurde vom Wuppertal aus begonnen, wohin das Gefälle ging. Da erwartet werden konnte, daß der Fortgang der Tunnelarbeiten auch bei dieser Art des Vorbaues ein genügender sein und im Einklang mit dem Baufortschritt der übrigen Anlagen bleiben würde, wurde davon Abstand genommen, die Durch-

bohrung beiderseitig in Angriff zu nehmen, zumal die tiefe Lage des Stollens im Sengbachtale eine vermehrte Wasserhaltung notwendig gemacht haben würde. Es wurde Tag- und Nachtbetrieb eingerichtet. Die Bohrung erfolgte von Hand; die Zündung mittels Zündschnur. Auf jedes Meter des Vorbaues waren etwa 7 bis 8 Bohrlöcher erforderlich, die meist 1 m tief waren. Jedes Bohrloch wurde je nach der Festigkeit des Gesteins (Grauwacke oder Schiefer) und nach der zu erzielenden Wirkung mit 4 bis 5 Patronen Dynamit geladen. In jeder Schicht arbeiteten vier Mann. Die Arbeit litt zeitweise darunter, daß starkes Rieseln von der Decke des Stollens stattfand. Obwohl der Stollen in seiner Mitte mehr als 40 m mit Fels überdeckt war, konnte doch bemerkt werden, wie die Feuchtigkeit im Berginnern mit den äußeren Niederschlägen schwankte und bei länger anhaltendem Regen zunahm. Der Wasserzutritt war stets am größten vor Kopf. Absteifungen wurden nur in geringem Umfange notwendig.

Eine künstliche Lüftung des Stollens war nicht eingerichtet. Mit tieferem Eindringen machte sich dieser Umstand sehr bemerkbar, und man mußte nach dem Abfeuern der Bohrschüsse stets eine geraume Zeit verstreichen lassen, bis sich der Dunst allmählich verzog. Es scheint, daß die Länge von 150 bis 160 m als Grenze anzusehen ist, bis zu welcher man ohne künstliche Lüftung auskommen kann. Das Herausschaffen der Materialien geschah auf einem Arbeitsgleis von 60 cm Spurweite. Der Fortschritt des Tunnelausbruchs betrug in einer Arbeitsschicht von 24 Stunden rund 1 m. Es wurden im ganzen 1120 cbm Fels gelöst.

IX. Das Wehr in der Wupper.

Das Wehr (Abb. 11 bis 17 Bl. 32) hat eine im Grundriß gekrümmte Form, die sich aus zwei Geraden von je rd. 16 m Länge und einem in der Mitte eingeschalteten Bogenstück von 18 m Halbmesser zusammensetzt. Die Form ist damit annähernd die einer Parabel. Die neue Wehrkrone liegt mit + 88,4 N.N. um 50 cm höher als die alte, und es war die Forderung zu erfüllen, daß die größte bekannte Abflußmenge der Wupper von 385 cbm in der Sekunde darüber hinwegfluten konnte, ohne daß der bisherige Hochwasserspiegel gehoben wurde. Daraus ergab sich die eigenartige Grundrißform, die nötig war, um die rechnerisch ermittelte Überlauflänge von 66 m zu erzielen. Diese Form liefert aber auch den Vorteil, daß das Wehr neben seiner Standsicherheit als stützender Körper noch eine erhöhte Sicherheit gegen den Wasserdruck infolge der Gewölbewirkung bietet.

Die Bauart des Wehrs ist eine massive. Im Entwurf war die Herstellung des Oberbaues in Bruchsteinmauerwerk vorgesehen, und nur die Wehrkrone sollte Beton mit einem glatten Verputz erhalten. Zur Beschleunigung des Baues und um es möglich zu machen, daß die Arbeiten auch über Nacht betrieben werden konnten, wurde während der Ausführung Abänderung dahin getroffen, den ganzen Wehrkörper und seine beiderseitigen Flügel in Beton herzustellen. Die feingegliederten Mauerteile der Einlaßschleuse waren überdies in diesem Baustoff leichter zu formen als in Bruchsteinen zu mauern. In dieser Möglichkeit, flotter zu arbeiten, sowie in der Verwendbarkeit ungelernter Arbeiter liegt ein Vorzug des Betons gegenüber dem Mauerwerk — ein Umstand, der in abgelegenen Gebirgstälern wesentlich ins Gewicht fällt.

Die vor Inangriffnahme des Entwurfs angestellten Bodenuntersuchungen hatten ergeben, daß das Wupperbett an der Stelle, an welcher das Wehr erbaut werden sollte, zur Hälfte aus Fels, zur anderen Hälfte aus Kiesablagerung bestand. Dieser Beschaffenheit des Untergrundes entsprechend wurde eine doppelte Gründung des Bauwerkes erforderlich. Auf der linken Hälfte ist das Wehr unmittelbar auf den Fels (Abb. 15 Bl. 32), auf der rechten Seite im Kiesboden zwischen Spundwänden auf Betonunterlage (Abb. 16 Bl. 32) gegründet. Die Spundwände sind in Abständen von 3 m durch eiserne Anker zusammengehalten, die sich durch die Steinpackung bis zur letzten Pfahlwand fortsetzen. Der Wehraufbau besteht aus einem Kern mit abgerundeter Krone, starkem Abfall und sich daranschließendem Sturzbett von 3,50 m Länge. Hinter diesem Sturzbett liegt die oben erwähnte Steinpackung von 5 m Länge, die in der Abflußrichtung etwas ansteigt, um die Gewalt des abströmenden Wassers zu mildern. Die Mischung des Betons, der vollständig im Trocknen eingebracht und gestampft werden konnte, ist: 1 Rtl. Portlandzement, 3 Rtl. Rheinsand (grobkörnig), $^1/_4$ Rtl. Traß, 6 Teile Kleinschlag in einer Größe von 2 bis 8 cm Seitenlänge. Die Wehrkrone, der Wehrrücken und der Abfallboden sind mit einem Verputz von 3 cm Stärke in der Zusammensetzung 1 Rtl. Zement, $^1/_2$ Rtl. Traß, $^1/_3$ Rtl. Kalkbrei, $2^1/_2$ Rtl. gesiebter Rheinsand versehen, welcher eine vollkommen geglättete Oberfläche erhalten hat. Auch die obere lotrechte Wandung des Wehrkörpers unterhalb der Stein- und Lehmabdeckung und herab bis zur Spundwand bezw. zum Fels ist 2 cm stark verputzt worden, um ein Eindringen des Wassers in den Beton des Wehrkörpers und somit inneren Auftrieb zu verhindern. Der Wehrkörper ist an der Oberwasserseite noch durch eine Schüttung aus Lehm abgedichtet worden. Diese Lehmschüttung wird überdeckt durch eine Steinpackung aus großen Steinen. Diese soll den Wehrkörper vor dem Angriff des Wassers schützen und ist ausgekehlt, um den Wasserüberlauf zu erleichtern.

Die Standsicherheit des Wehres wurde für H. H. W. und Mittelwasser berechnet. Bei Hochwasser wirken auf den Wehrkörper folgende Kräfte ein: 1. Die Auflast des überströmenden Wassers. 2. An der Oberseite: der Wasserdruck von der Wehrkrone + 88,4 bis zur Gründungssohle + 83,75 und der Erddruck der kleinen Lehmanschüttung, verstärkt durch die Auflast der Steinpackung. 3. Von der Unterseite der Wasserdruck von + 88,0 bis zur Gründungssohle + 83,75. 4. Von unten her der Auftrieb des Wassers; an der Oberwasserseite mit 89,7 bis 83,75 = 5,95; an der Unterwasserseite mit 88,0 bis 83,75 = 4,25 m. Der Auftrieb wurde in voller Stärke angenommen.

Die Untersuchung zeigte, daß die Stützlinie in der Nähe der Mauermitte liegt, und ergab eine Beanspruchung des Untergrundes von 0,28 kg/qcm bei vollem Auftrieb. Ohne Auftrieb betrug die Belastung 0,88 kg/qcm. Für Mittelwasser beträgt der Oberwasserstand + 88,50; der Unterwasserstand ist fehlend und daher der Druck und der Auftrieb von dieser Seite = 0 angenommen. Die entsprechend dieser Belastung durchgeführte Berechnung ergab als größte

Belastung des Untergrundes 0,42 kg/qcm bei vollem Auftrieb und 0,71 kg/qcm ohne Auftrieb.

Die Einlaßschleuse (Abb. 11 Bl. 32) im Anschluß an das linksseitige Ende des Wehrs eröffnet den Zugang zum Betriebskanal. Die Schleuse, für welche der Raum durch Aussprengung in dem stark vorspringenden Felskopf gewonnen werden mußte, besteht aus vier Öffnungen von je 2 m l. W. In den mit einem Verputz von 2 cm Stärke versehenen Beton sind an besonders beanspruchten Stellen Basaltlavaquadern eingeschaltet. Die linksseitigen Schleusenmauern sind unmittelbar an den Fels anbetoniert. Die darüber bis zu einer Höhe von 12 m aufstehende Felswand ist je nach der Beschaffenheit des Gesteins in 2:1 bis 3:1 abgeböscht.

Die Beschaffenheit des Wupperwassers, welches durch die Schmutzwässer der Städte Elberfeld und Barmen und durch die Abwässer der an der Wupper gelegenen Fabriken und Färbereien arg verunreinigt ist, machte es notwendig, eingehende Vorsichtsmaßregeln zur Beseitigung der am Kanaleinlauf im besonderen Maße zu erwartenden Schlammablagerungen zu treffen. Es ist deshalb oberhalb des Einlaufs eine Rinne von 2 m Breite und 0,50 m Tiefe eingelegt. Durch Ziehen eines im linken Wehrpfeiler gelegenen Schützes erfolgt die Spülung. Diese Schleuse dient bei Hochwasser zugleich als Entlastungsschleuse. Hinter den Schützpfeilern befindet sich ebenfalls eine Rinne von 4 m Breite und 0,5 m Tiefe, welche durch Ziehen von Schützen gereinigt werden kann. Die drei Spülschleusen von je 1,50 Breite und 60 cm Höhe werden durch Schütztafeln aus 8 cm starken eichenen Bohlen abgeschlossen. Die Öffnungen sind durch eiserne I-Träger überdeckt und überbetoniert.

Die Mittelpfeiler der Einlaßschleuse (Abb. 14 Bl. 32) sind in genietetem Schmiedeeisen hergestellt. Es geschah dies, um Raum zu sparen. Die Pfeiler werden gebildet aus einer schmiedeeisernen Ummantelung, deren Innenraum zur Erzielung größeren Gewichts mit Beton ausgefüllt ist. Die Schütztafeln bestehen aus eichenen Bohlen von 8 cm Stärke. Zur leichteren Bedienung der 2,20/2,70 m großen Tafeln sind diese als Rollschütze ausgeführt. Der seitliche Anschluß an die Pfeiler ist durch eine Holzleiste vermittelt, die durch eine Eisenfeder in Spannung und zum dichten Anliegen gebracht wird. Das Aufziehen geschieht durch Windewerke von einer hochwasserfreiliegenden Bühne, welche von den eisernen Pfeilern getragen wird.

An beiden Ufern ist im Anschluß an den Wehrflügel auf 15 m Länge Böschungspflaster in Zementmörtel auf Betonunterlage hergestellt, welches am Fuße seinen Stützpunkt in einer 2 m langen, 10 cm starken und rückwärts verankerten Spundwand findet. Daran schließt sich auf etwa 70 m Länge Steinbewurf von 30 cm Stärke, welcher über Hochwasser reicht.

Bauausführung. Die Wupper hat an der Baustelle, die etwa 1 km unterhalb der kleinen Stadt Burg liegt, noch die Beschaffenheit eines Gebirgsflusses. Von den steilen, zum Teil felsigen und kahlen Hängen ihres Niederschlagsgebietes läuft das Wasser schnell ab; das Gefälle ist stark. Plötzliche, kurzanhaltende Hochfluten wechseln ab mit sehr niedrigen Wasserständen. Es sind jährlich 10 bis 12 größere Anschwellungen beobachtet worden. Die früher erwähnte Anlegung von Sammelbecken in ihrem oberen Gebiet hat zwar ausgleichend auf ihre Wasserführung eingewirkt, aber dennoch zeigte sich auch während der Bauausführung des Wehres in einer plötzlichen Anschwellung die Natur des Flusses, der im August 1900 infolge eines starken Gewitterregens in drei Stunden von seinem gewöhnlichen Stande um mehr als 1 m anschwoll und bedeutende Wassermassen herunter brachte, während sich bereits nach 24 Stunden wieder der alte Zustand einstellte. Unter dem Einfluß dieser Wasserverhältnisse stand die Ausführung des Wehrbaues.

Die allgemeine Arbeitsordnung war durch die örtlichen Verhältnisse gegeben (Abb. 2 Bl. 34). Um das Bett der Wupper für den Einbau des Wehrkörpers trocken zu legen, mußte ihr Wasser durch den alten Obergraben umgeleitet werden, wobei das vorhandene 25 m oberhalb belegene Steinwehr zu einem Fangedamm hergerichtet wurde. Zur Durchführung dieses Planes wurde zunächst im Obergraben der rechte Wehrflügel bis zur Höhe der Grabensohle fertig gestellt und sodann über seine Fundamente ein hölzernes Gerinne geschlagen, das in Übereinstimmung mit dem Querschnitt des alten Grabens 4 m breit und 2 m hoch war. Zu gewöhnlichen Zeiten faßte der Obergraben das zufließende Wasser vollkommen. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, daß das Gerinne nur 8 qm Durchflußweite hatte, so daß eine Wasserführung von 32 cbm, wie sie öfters vorkam, schon eine Wassergeschwindigkeit von 4 m bedingte, die notwendig durch eine Aufstauung oberhalb herbeigeführt werden mußte, so wird klar, in welcher Gefahr die Baugrube ständig stand. Zweimal wurde sie bei plötzlich auftretenden Fluten überschwemmt.

Die Erd-, Ramm- und Betonierungsarbeiten des Wehrkörpers wurden darum in fast ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb bis zur Fertigstellung gefördert. Die Rammarbeiten der Spundwände in sehr grobem, teilweise mit großen Steinen durchsetztem Kies gelangen besser als erwartet werden konnte. Günstig wirkte hierbei der Umstand, daß mit einer spitz zugeschmiedeten Eisenbahnschiene vorgerammt wurde, bevor die mit eisernem Schuh versehenen Spundbohlen eingesetzt wurden. Kleinere Steine wurden dadurch bei Seite geschoben und schiefriges Gestein durchstoßen. Die Mischung des Betons, von welchem insgesamt rd. 1520 cbm hergestellt wurden, erfolgte von Hand auf einer über dem Gerinne hergerichteten Bühne.

Im Oktober des Baujahres 1900 gab ein Hochwasser Gelegenheit die Standfestigkeit des noch unfertigen Wehres unvermutet zu prüfen. Nach heftigen Regengüssen erfolgte eine Anschwellung der Wupper, und der auf der Krone des alten Wehres errichtete Damm brach unter dem Druck des sich vor dem Umlauf stauenden Wassers. Die Abflußmenge der Wupper betrug zur Zeit des Durchbruches etwa 30 cbm/sec. Die Baustelle wurde unter Wasser gesetzt. Der Strom nahm seinen Weg teils durch das Gerinne des Obergrabens, der bordvoll gefüllt war, teils am linken Hange über die schon eingebrachte Fundamentsohle der Einlaßschleuse. Das Oberwasser des Wehres staute sich bis 20 cm unter Kronenhöhe. Der Beton der Wehrkrone war noch nicht eine Woche, der übrige Wehrkörper über Höhe des Abfallbodens etwa 14 Tage alt. Dieser frische Mauerkörper hatte einen Wasserdruck von mehr als 2 m auszuhalten. Dazu kam, daß die lotrechte Wand nach dem Oberwasser noch nicht verputzt war. Das Wasser konnte in den immerhin porösen Beton eintreten,

woraus sich ein innerer Auftrieb entwickeln mußte. Der Wehrkörper stand und zeigte sich im wesentlichen auch dicht. Die kleinen Undichtigkeiten verschwanden, nachdem späterhin die erwähnte Wand verputzt war. Als das Hochwasser abfiel, gelang es in einigen Tagen, allerdings unter mühevoller Aufwendung einer großen Zahl von Sandsäcken, Holzwerk, Steinen und Lehm den Damm über dem alten Wehr im durchströmenden Wasser zu durchbauen und zu schließen.

Die Arbeiten mußten bei eintretendem Frost mit Ende des Jahres 1900 unterbrochen werden. Ihre Vollendung geschah dann im Mai 1901. Es war damit ein Bau zum Abschluß gebracht, der während der ganzen Zeit der Ausführung infolge der schwierigen Wasserverhältnisse Gegenstand ununterbrochener Sorge gewesen war. Das fertige Wehr mit Einlaßschleuse stellt Text-Abb. 14 dar.

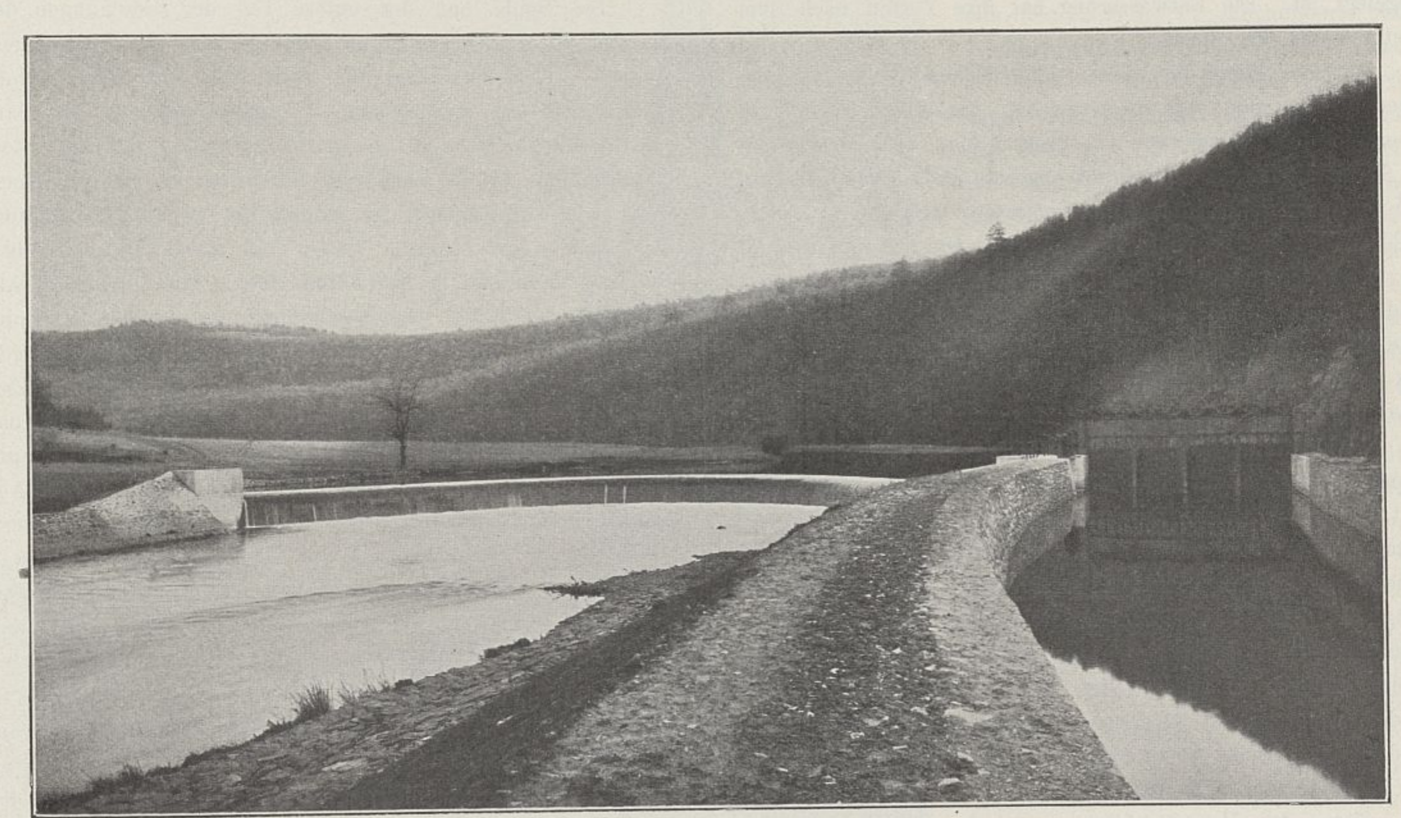


Abb. 14. Wehr in der Wupper mit Einlaßschleuse und Betriebskanal.

X. Der Betriebskanal vom Wehr zum Kraftwerk.

Der Betriebskanal ist im Anschluß an die Einlaßschleuse auf etwa 150 m Länge in den linken Felshang eingeschnitten und im übrigen in das Vorland eingebettet, welches sich zwischen der linksseitigen Bergkuppe und der Wupper ausbreitet. Dieses Vorland überdeckt den Fels, der sich im Grunde von einem Hange zum anderen hinzieht, und besteht in seinen tieferen Lagen aus Kiesbänken, die als alte Ablagerungen des Flusses anzusehen sind; darüber befindet sich eine Lehm- und Tonschicht von wechselnder Mächtigkeit (0,4 bis 3 m), eine Anschwemmung der Verwitterungsprodukte der angrenzenden Höhen. Die Gesamtlänge des Kanals im Ober- und Unterwasser beträgt 1170 m.

Nächst dem Einlaufe ist der Kanal auf 200 m zwischen gemauerten Wandungen bei einer Sohlenbreite von 8 m hergestellt (Abb. 13 Bl. 32). Der in windschiefen Flächen gemauerte Übergang erweitert sich zu einem Querschnitte von ebenfalls 8 m Sohlenbreite, der unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel in 1:2, darüber und bis zur Dammkrone in 1 : $1^1/_2$ abgeböscht ist (Abb. 17 Bl. 32). Die Einlaufsohle liegt auf + 87,0 N.N.; die Einmündung in die Pumpstation auf + 86,3. Der Kanal ist imstande, bei einem Gefällverlust im Wasserspiegel von 0,5 m das Mittelwasser der Wupper von 12 cbm/sec. abzuführen. Die Wasserspiegelhöhe am Einlauf beträgt dann + 88,4 N.N. (Wehrkronenhöhe), an der Pumpstation + 87,90 N.N., während sich bei Stillstand des Wehrs ein wagerechter Wasserstand von + 88,5 als Überlaufhöhe des Wehres einstellt. Das Niedrigwasser der Wupper an der Ausmündung des Unterwasserkanals liegt auf 82,80, so daß bei diesem Wasserstande in der Pumpstation ein Nutzgefälle von 5,1 m vorhanden ist. Bei Hochwasser + 89,70 vermag der Kanal mit 20 cm Spiegelgefälle 20 cbm/sec den Turbinen zuzuführen; das Nutzgefälle an dem Kraftwerk beträgt dann 3,5 m. Die Kanaldämme sind mit + 90,20 noch 50 cm über diesen höchsten Wasserstand aufgeführt.

Die Kanalmauern sind in Bruchsteinmauerwerk und Traßmörtel im Mischungsverhältnis 1 Raumt. Kalkbrei, $1^1/_4$ Rt. Traß und 2 Rt. Rheinsand ausgeführt. Die Mauern sind zum größten Teil auf Fels, zum andern Teile auf festgelagerten Lehm- und Gerölleboden gegründet. In dem übrigen Teile des Betriebskanals liegt der gewöhnliche Wasserspiegel durchweg fast genau in der Höhe des ursprünglichen Geländes. Die Schüttung der Dämme besteht aus dichtem Lehmboden. Die Böschungen sind bis zur normalen Betriebswasserhöhe durch Steinschüttung gesichert. Zur Befestigung der Sohle sind in je 50 m Entfernung aus schwerem Steinmaterial gepflasterte Querschwellen von 75 cm Breite eingebaut.

Der Unterwasserkanal hat die gleichen Querschnittsabmessungen. Da das ursprüngliche Gelände zwischen Kanal

und Wupper zum Teil niedriger lag als das höchste Hochwasser, + 86, so wurde, um ein Überströmen dieses Geländes und die Verschlammung des Kanalauslaufes zu verhindern, dieses Gelände aufgehöht und der auslaufende Kopf zwischen Kanal und Wupper durch Steinabdeckung gesichert.

Während der Ausführung hatte sich gezeigt, daß Quellungen und Wasseradern, die von dem vom Berge herkommenden Wasser gespeist wurden, den Bestand der linksseitigen Böschungen des Kanals gefährdeten und Rutschungen herbeizuführen drohten. Es schien daher geboten, dieses Bergwasser durch eine außerhalb des Dammes anzulegende Entwässerungsanlage abzufangen, die zum größten Teil als offner Graben, in der Nähe der Pumpstation jedoch als Drainage angelegt ist. Die Entwässerung hat ihre Vorflut nach dem Unterwasser des Kanals.

Um eine durch den Kanal unterbrochene Fahrverbindung wiederherzustellen, war es notwendig, denselben etwa 175 m oberhalb des Kraftwerkes zu überbrücken. Die Brücke ist in Eisen als Parallelträger mit abgeschrägten Endfeldern bei 20 m Spannweite und 7 m Nutzbreite hergestellt. Fahrbahn und Fußwege haben Bohlenbelag. Die Landpfeiler sind in Bruchsteinmauerwerk und Zement-Traßmörtel aufgeführt und auf dem standfesten Lehmboden unmittelbar gegründet. Die Böschungen sind unter der Brücke zu erhöhtem Schutz bis zu den Pfeilern hinauf mit Bruchsteinpflaster abgedeckt. Die überbrückte Fläche beträgt 150 qm.

Bauausführung. Die Bewegung der Erdmassen am Kanal geschah durch eine Arbeitsbahn von 60 cm Spannweite mit Lokomotivbetrieb. Da der Aushub die zur Schüttung der Dämme erforderlichen Erdmassen bei weitem übertraf, so war eine Auswahl der besten Erde für die Dammschüttungen möglich. Der Überschuß diente teils zur Verbreiterung der rechtsseitigen Kanaldämme, teils zur Aufhöhung sumpfigen Geländes, wie es sich in den Wiesen der Gebirgstäler oft bildet, wenn sie am Fuße von steilabfallenden Hängen liegen und undurchlässige Ablagerungen den Abzug des Bergwassers nach dem Flusse verhindern.

Unter den Dammschüttungen wurde die Grasnarbe in 15 bis 20 cm Stärke abgehoben und der gewachsene Boden künstlich aufgerauht. Die Erdarbeiten am Kanal, die im Frühjahr 1900 begonnen hatten, wurden im Winter 1900/1901 trotz ziemlich strengen Frostes fortgesetzt. Es geschah dies einerseits, um mit dem Bau vorwärts zu kommen, anderseits aber auch, um den Arbeitern solange als angängig, Arbeitsverdienst zu ermöglichen. Es fand sich hierbei Gelegenheit zu Beobachtungen über die Sprengwirkung von Dynamit in gefrorenem Boden. Bei zunehmender Kälte konnte die Ausführung nur dadurch aufrechtgehalten werden, daß die obere, aus Lette bestehende Kruste, die hart gefroren war, gesprengt wurde. Darunter lagerte Kies, der weniger frostempfindlich war und sich mit der Hacke lösen ließ. In den gefrorenen Boden wurde wie in Fels ein Bohrloch vorgetrieben und die Dynamitpatrone eingebracht, die dann mittels Zündschnur und Sprengkapsel entzündet wurde. Die Sprengwirkung war jedoch eine geringe und stand nicht im Verhältnis zu den entstehenden Kosten, so daß, da die Kälte anhielt, die Erdarbeiten eingestellt wurden.

Die Sohle und der untere Teil der Böschungen des Kanals liegen, wie bemerkt, zum großen Teil in kiesigem Boden. Diese Kiesablagerung zieht sich unter einer Lehmschicht bis zur Wupper hin. Vorgänge während der Bauausführung deuteten auf die starke Durchlässigkeit des Untergrundes hin. Da die Kanalsohle durchweg um mehrere Meter über dem Wasserspiegel der Wupper lag, so wäre bei Füllung des Kanals mit reinem Wasser ein starker Wasserverlust unvermeidlich und in Erkenntnis dessen eine besondere Abdichtung der Sohle und Böschungen des Kanals notwendig gewesen. In Anbetracht jedoch des stark schlammhaltigen Wassers der Wupper wurde vorausgesetzt, daß in kurzer Zeit die Poren des Kiesbettes sich verstopfen würden, indem das infolge Überdrucks des Kanalwasserstandes nach der Wupper hinrieselnde Wasser den Schlamm mit sich zieht. Diese Annahme wurde nicht getäuscht, und es war bemerkenswert, den Vorgang der Abdichtung zu verfolgen. In den ersten Tagen nach der Füllung des Kanals war ein starkes Rieseln am linken Wupperufer auf einer Strecke von mehreren hundert Metern bemerkbar. Das Wasser hatte dabei vom Kanal bis zur Wupper im Untergrunde einen Weg von 20 bis 80 m zurückzulegen. Das trübe Wasser aus dem Kanal trat am Wupperrande vollkommen klar aus. Der Wasserverlust war anfangs ziemlich erheblich, verminderte sich dann aber, und nach Verlauf einiger Wochen waren Durchsickerungen nicht mehr wahrzunehmen. Die Kosten der Abdichtung waren auf diese Weise erspart worden.

Die Fertigstellung der gesamten Arbeiten am Kanal erfolgte im Frühjahr 1901. Es wurden im ganzen 4700 cbm Fels und 41000 cbm Erdmassen bewegt.

(Schluß folgt.)

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.